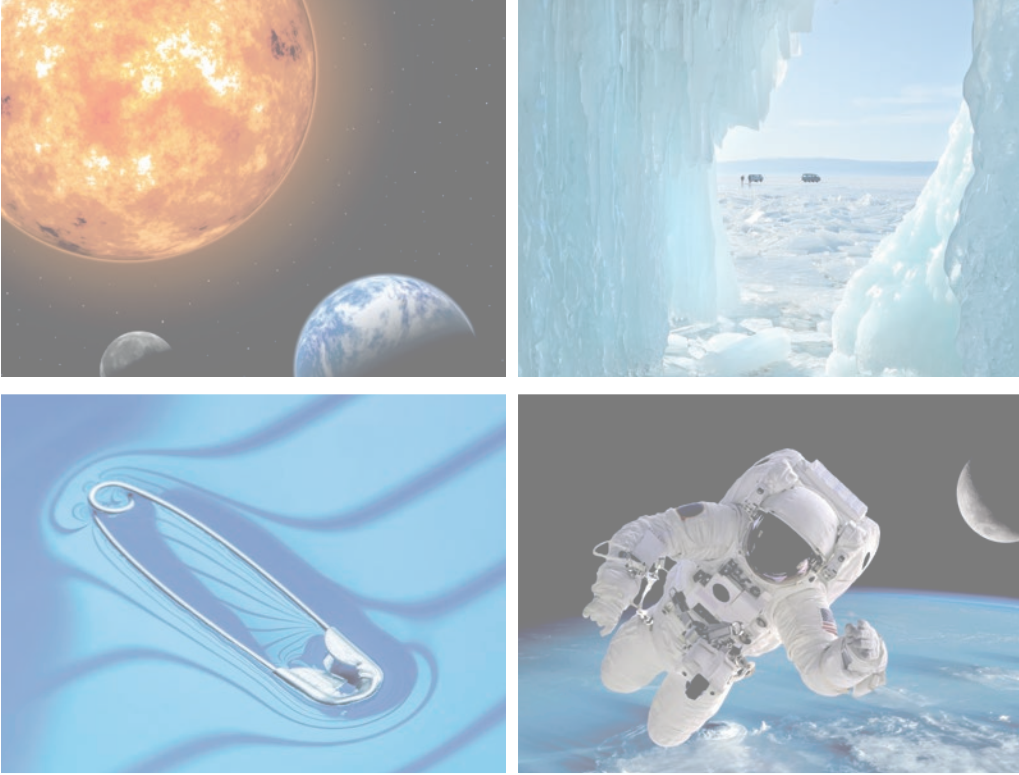
ORTAÖĞRETİM

FİZİK 9



DERS KİTABI

Yazarlar
Canan SEVER
Dr. Demet TÜRECİ
Nadire ARTAR
Orhan DAĞ



DEVLET KİTAPLARI
……………………., 2021

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI ....: 6663
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ ....: 1738

HAZIRLAYANLAR

EDİTÖR
Doç. Dr. R. Gökhan TÜRECİ

DİL UZMANI
Nalan DÖNMEZ KARADUMAN

PROGRAM GELİŞTİRME UZMANI
Seçil YILDIRIM PALABIYIK

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME UZMANI
İlkay ÜÇGÜL ÖCAL

REHBERLİK VE GELİŞİM UZMANI
Ayla TEZCAN

GÖRSEL TASARIM UZMANI
Erhan DÜNDAR
Fatih SAĞLAM

GRAFİK TASARIM UZMANI
Emre Mahir KILIÇER

ISBN 978-975-11-4601-4

Millî Eğitim Bakanlığı, Talim ve Terbiye Kurulunun 21.06.2019 gün ve 11959243 sayılı yazısı ile eğitim aracı olarak kabul edilmiştir.



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

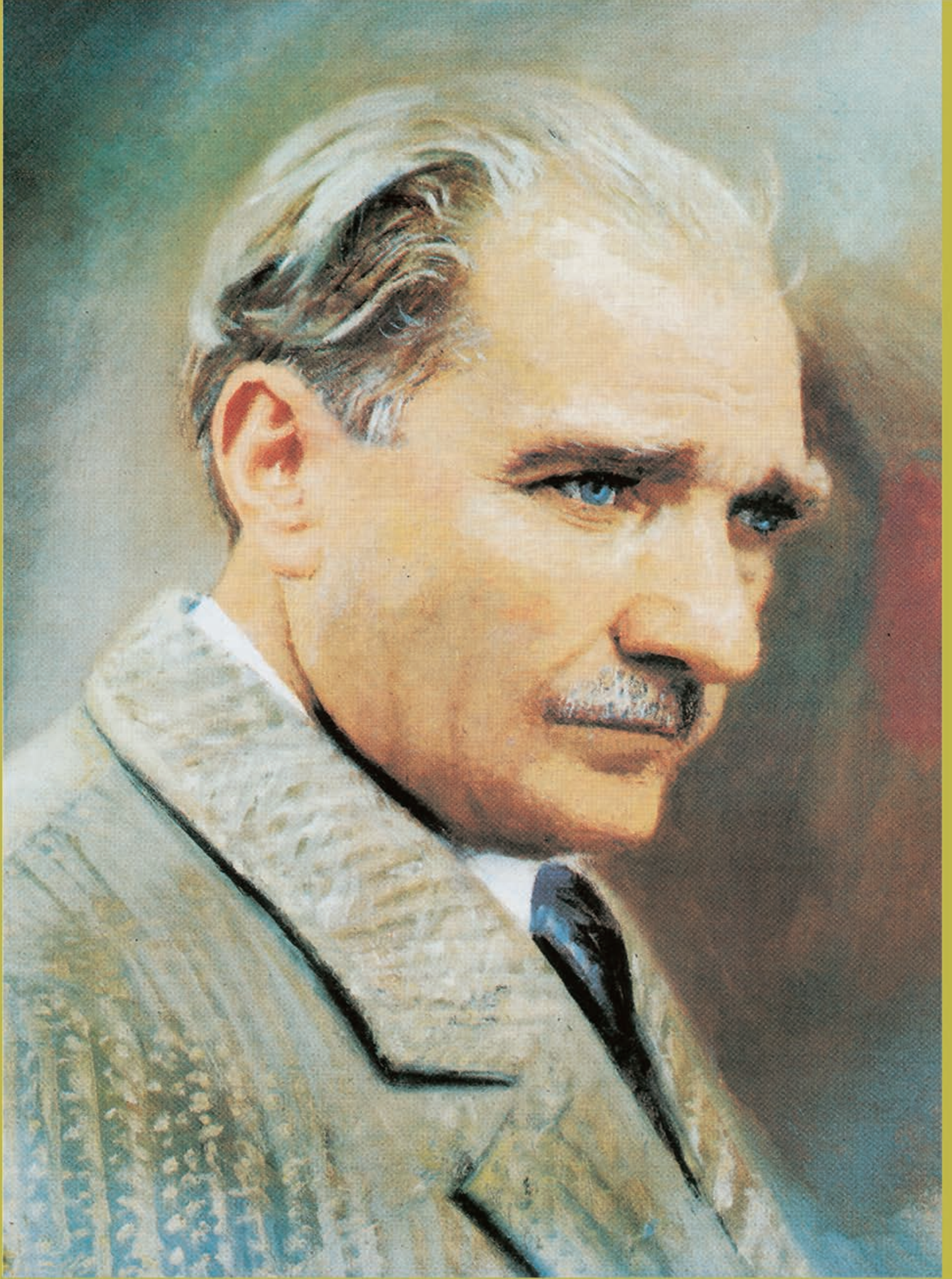
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER

1. ÜNİTE



2. ÜNİTE



3. ÜNİTE



4. ÜNİTE





5. ÜNİTE



6. ÜNİTE



GÜVENLİK İŞARETLERİ

Laboratuvar uygulamalarında karşılaşacağınız tehlikelere karşı kendinizin ve çevrenizin güvenliğini sağlamak için uymanız gereken bazı kurallar bulunmaktadır. Bu kurallar ve kurallara ait semboller aşağıda verilmiştir.

ISI GÜVENLİĞİ Çalışmalarınız sırasında yüksek sıcaklıklardan etkilenmemek için eldiven, maşa gibi araçlar kullanmalı veya sıcak cisimlere temas etmemelisiniz.	**RADYOAKTİF MADDE** Radyasyona neden olur. Canlı dokularına kalıcı hasar veren kanserojen etki yapar. Bu işaretin bulunduğu yerlerden uzak durmalısınız.
GÖZ GÜVENLİĞİ Çalışmalarınız sırasında koruyucu gözlük ve maske kullanarak gözünüzü ve yüzünüzü tehlikelere karşı korumalısınız.	**ÇEVREYE ZARARLI MADDE** Su ve doğadaki canlılara zarar vericidir. Su ve doğaya kontrolsüz atmamalısınız.
ELBİSE GÜVENLİĞİ Çalışmanız sırasında elbisenizin zarar görmemesi için dikkatli olmalısınız.	**KOROZİF (AŞINDIRICI) MADDE** Yakıcı, cildi tahriş edici, zehirli vb. kimyasal maddelerle çalışırken dikkatli olmalı, eldiven, maske gibi koruyucu kıyafetler kullanmalısınız.
DUMAN GÜVENLİĞİ Kimyasal maddelerin reaksiyonu sonucu oluşabilecek dumandan etkilenmemek için dikkatli olmalısınız.	**TOKSİK (ZEHİRLİ) MADDE GÜVENLİĞİ** Çalışmalarınızda kullanacağınız maddeler zehirli olabilir. Bu maddeleri kullanırken dikkatli olmalısınız.
KESİCİ/DELİCİ CİSİM GÜVENLİĞİ Kesici ve delici malzemeler yaralanmalara neden olabileceği için kullanırken dikkatli olmalısınız.	**TAHRİŞ EDİCİ MADDE** Alerjik deri reaksiyonlarına neden olur. Ozon tabakasına zarar verebilir. Vücuda ve göze temasından kaçınılmalıdır. Koruyucu giysi giyilmelidir.
KIRILABİLİR CAM GÜVENLİĞİ Kullandığınız malzemeler kırılarak size ve çevrenize zarar verebilir. Bu malzemeleri kullanırken dikkatli olmalısınız.	**YAKICI (OKSİTLEYİCİ) MADDE** Havasız ortamda bile yanabilirler. Yanabilen maddelerle karıştırılırsa patlayabilir. Tutuşturucularla teması önlemelisiniz.
YANGIN GÜVENLİĞİ Çalışmanız sırasında yangın, patlama ihtimaline karşı dikkatli olmalısınız.	**PATLAYICI MADDE** Kullandığınız kimyasal maddelerin çeşitli nedenlerle patlama ihtimaline karşı dikkatli olmalısınız.
ELEKTRİK GÜVENLİĞİ Elektrikli aletleri kullanma kılavuzuna uygun kullanmalı, elektrikli aletlerdeki veya tesisattaki herhangi bir arızaya karşı dikkatli olmalısınız.	**YANICI MADDE** Ateş kaynağıyla temas ettiğinde alev alabilen maddelere ateşle yaklaşmamalısınız.

Ünite numarasını gösterir.

Ünite adını gösterir.

Karekod okuyucu ile taratarak resim, video, animasyon, soru ve çözümleri vb. ilave kaynaklara ulaşabileceğiniz barkod. Detaylı bilgi için http://kitap.eba.gov.tr/karekod



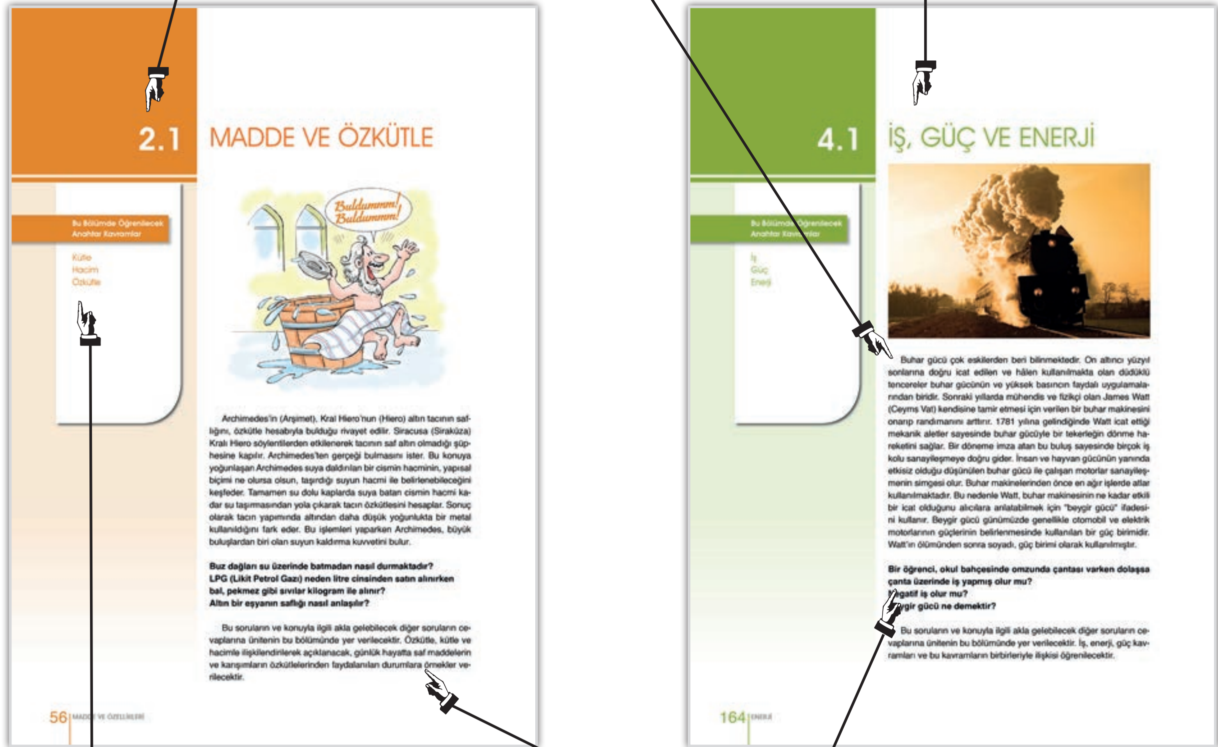
Ünitede yer alan bölüm başlıklarını ve sırasını gösterir.

Ünite giriş yazısını gösterir.

Ünite, bölüm numarasını gösterir.

Bölüm giriş yazısını gösterir.

Bölüm başlığını gösterir.



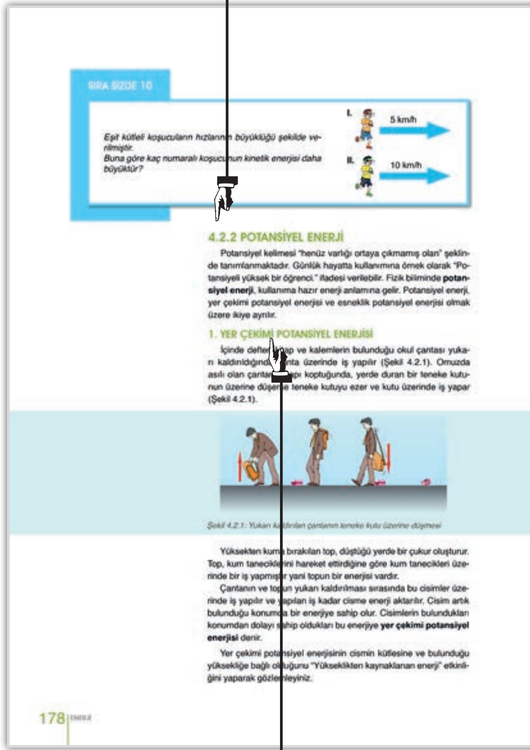
Bölümle ilgili öğrenilmesi hedeflenen anahtar kavramları gösterir.

Kazanımlar doğrultusunda bölümde nelerin yapılacağını gösterir.

Bölümle ilgili merak uyandıran birkaç soruyu gösterir.

Ünite, bölüm, konu sıralamasını gösterir.

Konu başlığını gösterir.

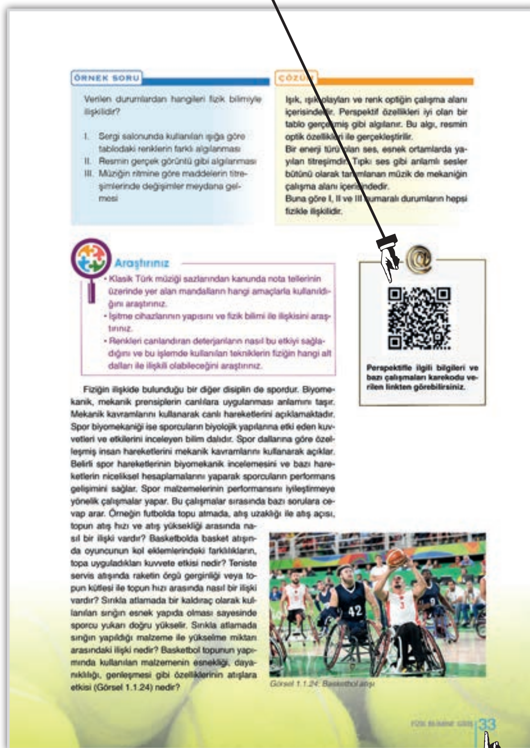


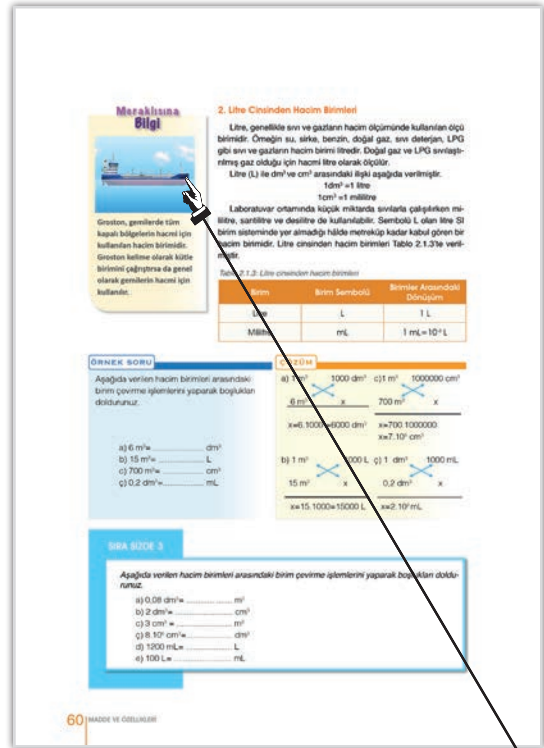


Konu ile ilgili alt başlığı gösterir.

Konu anlatımını gösterir.

Konuyla ilgili simülasyonlara ait erişim ağını gösterir.





Sayfa numarasını gösterir.

Konu ile ilgili merak uyandıran, konunun günlük hayatla ilişkisini kurmamızı sağlayan bilgileri gösterir.

Konuyla ilgili örnek soru ve çözümü gösterir.

Konuyla ilgili önceki yıllara ait bilgileri ve ek açıklamaları gösterir.

Öğrenilen bilgilerin pekiştirilmesi amacıyla yapılacak uygulamaları, çözülecek soruları gösterir.

Araştırma yapılacak konuları ve açıklamalarını gösterir.

Konuyla ilgili, laboratuvar ortamı dışında basit malzemelerle yapılabilecek etkinlikleri gösterir.

Yapılacak etkinliğin adını gösterir.

Yapılacak etkinliğin amacını gösterir.

Etkinlikte kullanılacak malzemeleri gösterir.

Etkinlik için işlem basamaklarını gösterir.

Etkinlik sonucuna yönelik soruları gösterir.

DENEYEREK KEŞFEDELİM

Deneyin adını gösterir.

Deneyin amacını gösterir.

Deney yapılırken alınması gereken önlemleri gösterir.

Deney için gerekli malzemeleri gösterir.

Uyarı işaretlerini gösterir.

Deney yapılışındaki işlem basamaklarını gösterir.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Ünitelerin değerlendirme sayfasını gösterir.

PROJE

Projenin adı ve kapsadığı unsurları gösterir.

Projenin puanlama anahtarını gösterir.

Proje hazırlarken uygulanması gereken adımları gösterir.



1. ÜNİTE

FİZİK BİLİMİNE GİRİŞ

ÜNİTENİN BÖLÜMLERİ

1.1 FİZİK BİLİMİ

"Evren bütün değişimlerine rağmen bir düzen ve bütün ayrıntılarına rağmen bir ahenk içindedir."

İbn-i Heysem



"Dünya masmavi görünüyor, ne kadar da muhteşem. İnanılmaz!"

Bu sözler 12 Nisan 1961 tarihinde uzaya çıkan ilk insan Yuri Gagarin'e (Yuri Gagarin) aittir. Gagarin bu sözleri söylediğinde Dünya yüzeyinden 300 km uzakta bulunuyordu. İnsanlık tarihine öncü bir kahraman olarak adını yazdıran Yuri Gagarin, "Vostok-1 (Vostok)" füzesi ile uzaya çıkmış, kırk beş dakika süren uçuşla Dünya'yı turlamış ve sonra başarılı bir dönüş yapmıştır. O gün tüm dünya uzaydan yapılacak konuşmaya odaklanmış ve duyulan bu sözler gezegenimizin ne kadar özel olduğunu bir kez daha vurgulamıştır.

Gagarin'in bu başarısı tarih boyunca bilime katkısı bulunan tüm insanların başarısıdır. Irk, dil, din ayrımı gözetmeyen bilim, insanlığın birleştiği alanlardan biridir. İlk çağlardan bugüne insan içinde bulunduğu evreni merak etmiş ve evrene dair sorularına cevap bulmaya, günlük yaşam problemlerini çözmeye çabalamıştır. İnsanların doğa olaylarını açıklayabilme, Dünya'nın gizemini çözebilme arzusu ile sorduğu sorular coğrafi özelliklere göre kısmen değişse de özünde benzer sorulara cevaplar aranmıştır. Örneğin açık denizde nasıl yön bulunacağı, gökyüzünde nelerin olduğu, tarladaki ürünü ekme ve biçme zamanlarının neye göre belirleneceği, mevsimlerin başlangıç ve sonlarının ne zaman olacağı, saat ve takvim hesaplarının nasıl yapılacağı gibi sorular bunlardan bazılarıdır. Bu soruları cevaplayabilmek için birçok alet icat edilmiştir.

Gökyüzünde nelerin olduğuna ve zamanı belirlemeye dair sorulara cevap vermek için icat edilen araçlardan biri de usturlaptır. "Astrolabe" olarak adlandırılan usturlap, MÖ 2. yüzyılda Yunanlılar tarafından icat edilmiştir. Antik Çağ'da biraz daha geliştirilmiş olan usturlapın asıl çeşitliliği ve kullanımının 8. yüzyılda Arap-İslam kültüründe arttığı bilinmektedir. Endülüs Dönemi'nde Müslümanlardan öğrenilen usturlap, özellikle İspanyol ve Portekizli denizciler tarafından açık deniz seyrinde kullanılmıştır. Cep saatine benzeyen usturlap Güneş, Ay ve yıldızların konumu, zamanın ölçülmesi amacıyla kullanılmıştır. Avrupa'ya Doğu'dan ulaşan pusula ve usturlap sayesinde okyanus denizciliği başlamıştır. Usturlapın Avrupa'ya geçişi ile bu dönem bilim adamlarının ellerindeki mekanizmalara yeni eklemeler ve çeşitlendirmeler yaparak usturlapı geliştirdikleri görülmektedir. Yüzyıllar boyu Batı ve Doğu uygarlıklarında yoğun olarak kullanılan usturlap yeni icatlarla 18. yüzyıldan sonra önemini kaybetmeye başlamıştır.

Bilim yüzyıllar süren deneyim, gözlemlerle gelişmiş ve gelişmeye de devam etmektedir. Her toplum kendi dinamikleri boyutunda bilimsel bilgiye katkıda bulunmuştur. Fizik bilimi de kültürler arası etkileşimlerle tarih boyunca gelişerek bugünkü noktaya gelmiştir. Fizik, günümüzde olduğu gibi gelecekte de evrene dair sorular sormaya ve cevaplar aramaya devam edecektir.

1.1 FİZİK BİLİMİ

Bu Bölümde Öğrenilecek Anahtar Kavramlar

Fizik bilimi
Temel-türetilmiş büyüklükler
Vektörel-skaler büyüklükler
Bilim araştırma merkezi



Türkçe karşılığı kablosuz bağlantı olan Wi-Fi (Wireless Fidelity-Vayrlıs Fidelıdi), İnternet'e (Genel Ağ) erişimin kablo kullanılmadan yapılmasını sağlayan teknolojidir. Wi-Fi'yi kullanabilmek için Wi-Fi etki alanında, kablosuz bağlantıyı destekleyen cep telefonu, tablet, bilgisayar gibi bir cihazın olması yeterlidir. Cihazın algıladığı ağlardan istenilen bir tanesi seçilerek İnternet bağlantısı kurulur. Veri iletimi, elektromanyetik dalgalarla yapıldığı için dünyanın Wi-Fi bağlantısı olan her noktasında bilgiye erişmek ve bilgiyi paylaşmak mümkündür. Günümüzde daha hızlı kablosuz veri iletimi üzerinde çalışmalar devam etmektedir.

Wi-Fi veya 4G aracılığıyla Genel Ağ'a bağlanabilen akıllı telefonlar giderek nasıl daha çok veri işleyebiliyor?

Mürekkep balığının saatte yaklaşık 40 kilometre hızla ilerlemesi nasıl açıklanır?

Keman yayında at kılı kullanılmasının nedeni nedir?

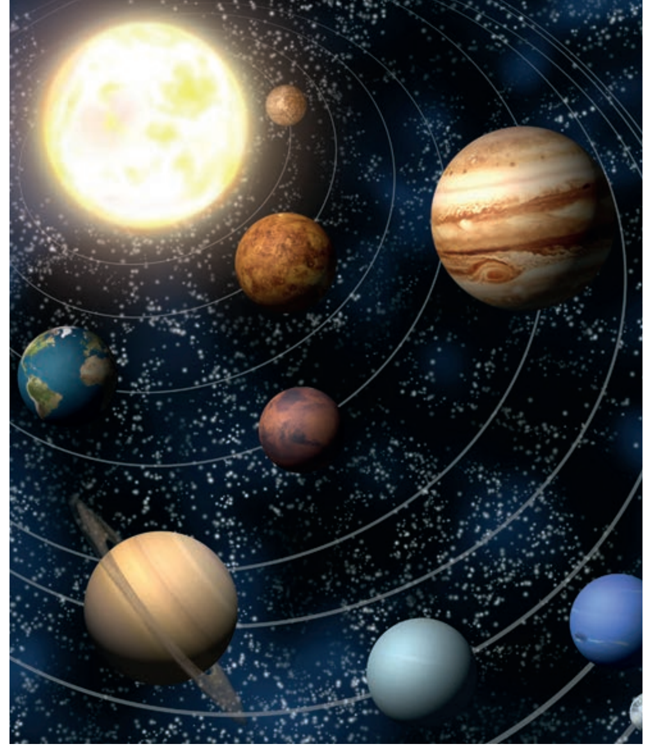
Bu soruların ve konuyla ilgili akla gelebilecek diğer soruların cevaplarına ünitenin bu bölümünde yer verilecektir. Fizik biliminin tanımı ve önemi, alt dalları, temel bilimler, mühendislik, teknoloji, spor ve sanatla olan ilişkisi, fiziksel niceliklerin sınıflandırılması incelenerek bilim araştırma merkezlerinin fizik bilimi için önemi açıklanacaktır.

1.1.1 FİZİĞİN TANIMI VE ÖNEMİ

İnsanoğlu beslenme ve barınma gibi temel ihtiyaçlarını gidermek ve doğayı anlamak için sayısız gözlem yapmıştır. Çevresinde olup biten bütün olayları gözlemlerken kimini taklit etmiş, kiminden endişe duymuştur. Örneğin yuvarlanan kayalardan esinlenerek tekerleği icat eden insan, yıldırım ve deprem gibi anlamlandıramadığı doğa olaylarından korkmuştur. Endişeleri, insanoğlunu bu olayları sorgulamaktan alıkoymamış aksine daha da merak uyandırmıştır. İnsanoğlunun doğayı anlama çabası ile başlayan doğa felsefesi; aslında bugün fizik, kimya, biyoloji ve matematik olarak adlandırılan temel bilim dallarının bütünüdür. Zaman içerisinde çalışma alanlarına göre birbirinden ayrılan fizik, kimya ve biyoloji bilim dalları fen bilimleri olarak adlandırılmakta, matematik ise bilimin ortak dili olarak kullanılmaktadır.

Fizik; uzay, zaman, madde ve enerji arasındaki ilişkileri inceleyen, gözlem ve deneye dayalı bir bilim dalıdır.

Çok eski zamanlarda insanlar, öncelikle, duyu organlarıyla algılayabildikleri makro evreni anlamaya çalışmışlardır. Gezegenlerin ve yıldızların nasıl hareket ettiği, şimşek ve yıldırımın nasıl oluştuğu gibi pek çok soruya cevap aramışlardır. Makro evrene ait bu sorulara verilen cevaplar, zamanla bilimsel çalışma basamaklarına göre açıklanarak teori ve kanunlar geliştirilmiştir. Bilim insanları "Neden?" ve "Nasıl?" sorularını sorarak bilgi seviyelerini daima üst seviyeye taşır. Örneğin 16 ve 17. yüzyılda Galileo Galilei (Galileo Galile) ve Isaac Newton'ın (Ayzek Nivtın) hareket ile ilgili çalışmalarıyla fiziğin alt dalı olan mekanik oluşmuştur. 20. yüzyıl başlarında oluşan bazı sorular, var olan fizik bilgisi ile açıklanamayan yeni bir fizik anlayışının doğmasını sağlamıştır. Bilim insanlarının duyu organlarıyla doğrudan algılayamadığı mikro evrende gerçekleşen olaylar ve bu olaylara ait soru ve cevaplardan oluşan bu anlayış, "modern fizik" olarak adlandırılmıştır. Bu nedenle sonrasında makro evrene ait fizik bilgileri ise "klâsik fizik" olarak tanımlanmıştır.



Görsel 1.1.1: Güneş sistemi modeli

Fizik bilimi evrendeki mikro âlemden makro âleme kadar inanılmaz geniş bir çalışma alanına sahiptir. Atom altı parçacıkların davranışlarından Güneş Sistemi'ndeki gezegenlerin hareketlerine (Görsel 1.1.1), sinir sistemindeki bilgi iletiminden Dünya ile haberleşme uyduları (Görsel 1.1.2) arasındaki iletişime, nanoyapıların özelliklerinden yalıtım malzemelerine, soğutma sistemlerinden güneş enerjisine kadar



Görsel 1.1.2: Uydu



Görsel 1.1.3: LCD TV

pek çok konu fizik biliminin çalışma alanı içerisindedir. LCD televizyonlardan (Görsel 1.1.3) akıllı telefonlara, bilgisayarlardan bilgisayarlı tomografi (Görsel 1.1.4) gibi tıbbi görüntüleme cihazlarına kadar pek çok ürün de fiziğin uygulama alanına girmektedir.



Görsel 1.1.4: Tomografi cihazı

SIRA SİZDE 1

Gözde, üniversite eğitiminin son yılında NASA'ya yaptığı başvuru sonucunda Mars'a yapılacak seyahate katılmaya hak kazanır. Çeşitli ülkelerden seçilen öğrencilerle birlikte NASA'da yapılan kurslara katılır ve Mars'a seyahati mümkün kılacak roketin yapım aşamasını inceleme fırsatı bulur.

Katıldığı birinci kursta, seyahat süresince hangi gezegenleri gözlemleyebilecekleri, gezegenler arası mesafeyi nasıl ölçebilecekleri, ışığın boşluktaki davranışı, sesin boşlukta duyulup duyulmadığı, yer çekimsiz ortamın nasıl olduğu gibi konuları öğrenir.

İkinci kursta roketin yapımında kullanılan malzemeleri, o malzemelerin nasıl üretildiği, rokette hangi yakıtların kullanılabileceği, bu yakıtın gidiş ve dönüş seyahatine yetmesi için uzay aracının içinde kullanılan eşya ve araçların ağırlıklarının önemi, herhangi bir aksaklıkta gidiş dönüş süresinin yeniden hesaplanması gibi konuları öğrenir.

Üçüncü kursta, Mars yüzeyinde araştırma ve deneylerini yaptıkları sürece su, yiyecek ve enerjiyi nasıl üretebileceklerini; kıyafetleri delindiğinde soğuktan, sıcaktan veya radyasyondan nasıl korunabileceklerini öğrenir. Araç içinde oksijen sağlayan aletler bozulduğunda yeniden nasıl oksijen üretebilecekleri; Dünya ile iletişimi sağlayan haberleşme araçları arızalandığında nasıl tamir edebilecekleri veya alternatif iletişim yollarını nasıl bulacakları hakkında bilgi sahibi olur.

Dördüncü kursta ise ufak veya büyük yaralanmalarda yarayı nasıl tedavi edecekleri, ateşleri çıktığında ya da herhangi bir hastalığa yakalandıklarında nasıl kan tahlili yapıp hastalığa çare bulabilecekleri, gezegenin yüzeyinde hayat olup olmadığını nasıl araştıracakları gibi konuları öğrenir.

Soruları metinden faydalanarak cevaplayınız.

1. *Metinde verilen olaylardan hangileri fizik biliminin evrendeki olayların açıklanmasındaki rolüne örnek olarak verilebilir? Sebebiyle açıklayınız.*
2. *Metinde anlatılan olayların bütününde hangi bilim dalları iç içedir?*
3. *Başka gezegenlere gidilecek olsa bu bilgiler dışında araştırılması gereken konular neler olabilir?*

1.1.2 FİZİĞİN ALT DALLARI

Fizik biliminin çalışma alanının çok geniş olması alt dalların oluşmasını sağlamıştır. Önce mekanik, optik, elektrik gibi alt bilim dallarına ayrılan fizik; bilgi düzeyi arttıkça manyetizma, termodinamik, atom fiziği, nükleer fizik, katıhal fiziği, yüksek enerji ve plazma fiziği dallarına ayrılmıştır.

Fiziğin alt dalları birbirinden bağımsız değildir. Çünkü alt dalların çalışma alanlarında diğer dallara ait bilgiler bulunur ve bu dallar birbirlerinin sonuçlarından faydalanır.

Günümüzde fizik aşağıdaki gibi alt dallara ayrılmıştır.



1. Mekanik

Mekanik; hareket, kuvvet ve denge ile ilgilenir. Mekaniğin kuvvet etkisinde dengede olan cisimler üzerine çalışan bölümüne **statik**, kuvvet etkisinde hareketli cisimler üzerine çalışan bölümüne ise **dinamik** adı verilir. Mekaniğin diğer bir bölümü de kinematiktir. **Kinematik**, cisimlere uygulanan kuvvet ve bu kuvvetin etkisiyle ilgilenmez. Sadece cisimlerin hareketleri ile ilgilenir.

Mekanik dalının çalışma alanı çok geniştir. Gezegen hareketleri, yanardağ patlamaları, rüzgâr oluşumu, uçağın uçuşu, dalga hareketi, ses oluşumu, köprü ve binaların (Görsel 1.1.5) yapımı, Formula 1 yarış arabalarının aerodinamik yapısı, basit makineler (Görsel 1.1.6), motor gücünün hesabı, robotların kinematik özellikleri, maglevlerin saatte yaklaşık 500 km hızla ilerlemesi ve hatta canlıların hareketleri bile mekaniğin çalışma alanına girer. Örneğin mürekkep balığı, içine çektiği deniz suyu ile kas boşluğunu genişletir ve daha sonra kaslarını güçlü bir şekilde sıkarak suyu dışarı atar. Suyun çıkış yönüne ters yönde, saatte yaklaşık 40 km hızla hareket eden mürekkep balığının bu hareketini mekanik yasaları açıklar.

Bu alanla ilgili olan mesleklere inşaat ve makine mühendisliği örnek verilebilir.



Görsel 1.1.5: Köprü ve binalar



Görsel 1.1.6: Basit makine örnekleri

2. Elektromanyetizma

Elektrik akımının manyetizma ile olan ilişkisi keşfedildikten sonra elektrik ve manyetizma alanları elektromanyetizma adı altında birleştirilmiştir. Elektromanyetizma, elektrik ve manyetizma alanlarının ilgilendiği bütün konuları kapsar.

Elektrik; elektrik yükleri, elektrik yüklerinin etkileşimleri, yüklerin hareketi ve hareketlerinin sonuçları ile ilgilenir. Elektriğin durgun hâldeki yüklerin etkileşimleri ile ilgilenen bölümüne **statik elektrik** (elektrostatik), hareketli yükler ve etkileri ile ilgilenen bölümüne **elektrik** adı verilir. Yün kazağı çıkarırken duyulan çıtırtılar, arabadan inerken gerçekleşen elektrik çarpması, elektrik akımı, potansiyel farkı kavramı, yıldırım ve şimşek gibi doğa olayları, bazı canlıların doğal savunma mekanizmaları elektriğin çalışma alanına girmektedir.

Manyetizma; mıknatıslar, maddelerin manyetik özellikleri, manyetik alanlar ve bu alanların etkileri ile ilgilenir. Mıknatısların birbirlerine itme ya da çekme kuvveti uygulaması, Dünya'nın manyetik alanına göre pusula (Görsel 1.1.7) iğnesinin sapması, kuşların ve bazı canlıların yerin manyetik alanını kullanarak yön bulması gibi olaylar manyetizma ile açıklanır.



Görsel 1.1.7: Pusula

ÖRNEK SORU

Fiziğin kullanım alanlarıyla ilgili verilenlerden hangilerinin mekanik, hangilerinin elektromanyetizma ile ilişkili olduğunu belirleyerek noktalı yerlere yazınız.

a) MR cihazının çalışması ....
b) Sıradan düşen vidanın yerine takılması ....
c) Cep telefonlarının şarj edilmesi ....
ç) İnşaata makara sistemi ile tuğla çıkartılması ....

ÇÖZÜM

a) MR cihazının çalışması elektromanyetizma

b) Sıradan düşen vidanın yerine takılması mekanik

c) Cep telefonlarının şarj edilmesi elektromanyetizma

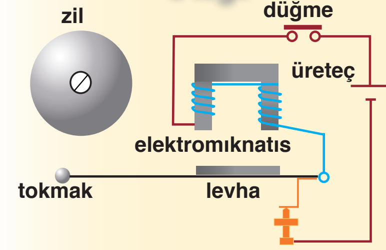
ç) İnşaata makara sistemi ile tuğla çıkartılması mekanik

19. yüzyılın başlarında elektik ve manyetizma arasındaki ilişkinin keşfi ile elektromıknatıslar yapılmış, elektrik motorları ve jeneratörlerin üretilmesi sağlanmıştır. Bu nedenle tüm elektrikli cihazlar, elektrik motorları, elektrikli otomobiller (Görsel 1.1.8), yapılarında elektromıknatıs bulunduran kapı ziliyle telgraf cihazı, MR (manyetik rezonans) cihazı ve elektrik santralleri elektromanyetizmanın uygulama alanına verilebilecek örneklerdendir. Ayrıca CERN (Sörn-Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi) ve radyoterapi uygulamalarında kullanılan parçacık hızlandırıcılar da elektromanyetizmanın uygulama alanı içerisindedir.

Bu alanla ilgili olan meslekler arasında elektrik-elektronik mühendisliği ve öğretmenliği, biyomedikal mühendisliği gibi bölümler yer alır.


Görsel 1.1.8: Elektrikli otomobil

Meraklısına Bilgi



Kapı zilinin düğmesine basıldığında devre tamamlanır ve akım üreteçten çıkarak elektromıknatısa (elektrik akımı etkisiyle mıknatıslık özelliği kazanan demir çubuk) gelir. Elektromıknatıs, karşısında bulunan demir levhayı kendisine doğru çeker. Levhanın ucunda bulunan tokmak, sesi çıkaran zile çarpar. Bu sırada levhaya gelen akım kesilir, demir çubuk mıknatıslık özelliğini kaybeder ve levha ilk konumuna döner. Geri döndüğü anda tamamlanan devreden yeniden akım geçer ve çubuk mıknatıslanarak levhayı tekrar çeker. Zile basıldığı sürece bu hareket sürekli tekrarlanır, zil çalmış olur.



Araştırınız

Elektrik motorunun çalışma prensibini araştırınız.

ÖRNEK SORU

Fiziğin kullanım alanları ile ilgili verilen olaylardan hangileri elektromanyetizma ile ilişkilidir?

I. Gemilerin pusula ile yön bulması
II. Telgraf ile mesaj gönderilmesi
III. Hızlı trenlerin çalışma prensibi
IV. Bir tenisçinin raketle topa vurması

ÇÖZÜM

I, II ve III numaralı olaylar fiziğin elektromanyetizma alt alanı ile ilgili olaylardır.

IV numarada söz konusu olay elektromanyetizmanın ilgilendiği konuların dışındadır.

Buna göre doğru cevap I, II ve III olur.

SIRA SİZDE 2

Fiziğin uygulama alanlarına yönelik verilen örneklerden elektrik ve manyetizma ile ilgili olanların yanındaki kutucuğa √ (tik) atınız.

☐ 1. Hoparlör	☐ 4. Hırsız alarmı	☐ 7. Bilgisayar
☐ 2. Modem	☐ 5. Yel değirmeni	☐ 8. El arabası
☐ 3. Maglev treni	☐ 6. Televizyon	☐ 9. Uzay mekiği

3. Termodinamik

Termodinamik; ısı enerjisi ve ısı enerjisiyle sıcaklık, özkütle, basınç gibi nicelikler arasındaki ilişkiyi inceler.

Termodinamik, maddelerin sıcaklıkları, sıcaklıklarındaki değişimleri ve sıcaklıkların değişimine sebep olan ısı alışverişleri gibi konular üzerinde çalışmaktadır. Isı alışverişi yapan maddeler arasında ısı akışı gerçekleşir. Isı akışı, sistemler termal dengeye ulaşıncaya yani sistemlerin sıcaklıkları eşitleninceye kadar devam eder. Termodinamik, ısı alışverişi (Görsel 1.1.9) yapan sistemlerin termal dengeye ulaşıncaya kadar geçirdiği süreçlerle ilgilenmektedir. Bu süreçlerde sistemlerin sıcaklığı, fiziksel hâli ve dolayısıyla boyutları ve özkütlesi, direnci ya da rengi değişebilir.



Görsel 1.1.9: Isı alışverişi olayı

Isı kavramının geniş bir etki alanının olması termodinamik yasalarından yararlanılan alanların da geniş olmasını sağlamaktadır. Termodinamiğin rüzgâr ve yağış şekilleri gibi doğa olaylarından ısıtma-soğutma sistemlerine ve yalıtım malzemelerine, besinlerden enerji elde edilmesinden süper iletkenlere kadar geniş bir çalışma alanı vardır.

Bu alanla ilgili olan mesleklere iklimlendirme uzmanı örnek olarak verilebilir.

ÖRNEK SORU

Fizik ile ilgili verilen olaylardan hangileri termodinamik ile ilişkilendirilebilir?

I. Buzulların erimesi
II. Pikniğe termos ile çay götürülmesi
III. Sıcak su torbalarının etrafının kılıfla kaplanması
IV. Sıcak su kaynaklarından enerji elde edilmesi
V. Yeryüzünde belirli yüksekliklere çıkıldıkça hava basıncının azalması

ÇÖZÜM

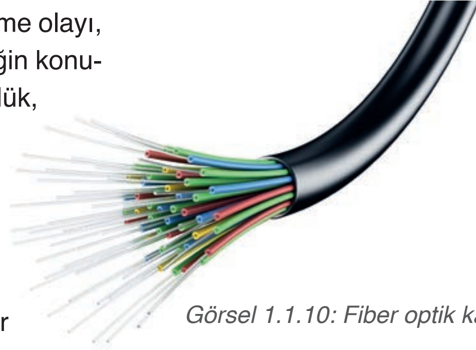
I numaralı olay hâl değişimi, II ve III numaralı olaylar ısı yalıtımı, IV numaralı olay ısı enerjisinden başka bir enerji türü elde edilmesi ile ilgilidir ve hepsi termodinamiğin çalışma alanı içerisindedir.
Termodinamik, ısı enerjisiyle basınç değişimi arasındaki ilişkiyi inceler. Fakat V numaralı olayda geçen "yeryüzünden yükseğe çıkıldıkça" ifadesiyle maddeler üzerindeki basıncı oluşturan hava katmanının azalmasından bahsedilmektedir. Bu nedenle V numaralı olay, mekaniğin çalışma alanı içerisine girer.

4. Optik

Optik; ışık, ışık olayları ve ışığın madde ile etkileşimini inceler. Gölge oluşumu, aydınlanma, yansıma, kırılma, renk ve görme olayı, aynalar, mercekler ve prizmalar gibi ışıkla ilgili konular optiğin konuları arasındadır. Teleskop, dürbün, fotoğraf makinesi, gözlük, büyüteç, mikroskop ve ışığın tam iç yansıma özelliğine dayalı geliştirilen fiber optik kablolar (Görsel 1.1.10) optiğin uygulama alanlarından bazılarıdır.

Optik; net görüş sağlamak için gerekli optik aletlerin yapımı ve geliştirilmesiyle ilgilenen astronomi (Görsel 1.1.11), fotoğrafçılık, tıp ve mühendislik alanları ile ortak çalışmalar yürütür.

Bu alanla ilgili olan mesleklere optisyenlik ve göz doktorluğu örnek verilebilir.


Görsel 1.1.10: Fiber optik kablo


Görsel 1.1.11: Hubble (Habıl) Uzay Teleskobu

ÖRNEK SORU

A sütununda fiziğin alt dalları, B sütununda ise bazı olaylar verilmiştir.
Verilen olayları ilgili fizik alt dalı ile eşleştiriniz.
(B sütunundaki kullanım alanları bir ya da birden fazla kullanılabileceği gibi hiç kullanılmayabilir.)

A	B
I. Mekanik	a) Aynaların aydınlatmada kullanılması
II. Elektromanyetizma	b) Jeneratörün çalışması
	c) Kayak yapan sporcunun kayma hareketleri
III. Termodinamik	ç) Tabağa konulan sıcak yemeğin soğuması
IV. Optik	d) Gökkuşağının oluşumu

ÇÖZÜM

Aynalar ve gökkuşağının oluşumu optik ile ilgilidir.
Kayma hareketleri mekanik alt dalının çalışma konuları arasındadır.
Jeneratörün çalışması elektromanyetizma ile ilgilidir.
Sıcak yemeğin soğumasının sebebi çevresine ısı vermesidir. Bu olay termodinamikle ilgilidir.
Buna göre eşleştirme aşağıdaki gibidir.

A	B
I.	b ve c
II.	b
III.	ç
IV.	a ve d



Araştırınız

Fiber optik kablolarda veri aktarımının nasıl gerçekleştiğini araştırınız.

SIRA SİZDE 3

Günlük hayatla ilgili bazı olaylar verilmiştir.

1. *Yağışlı havalarda görüşün bozulması*
2. *Kara yolu çalışanlarının fosforlu kıyafetler giymesi*
3. *Numaralı gözlük ya da güneş gözlüğünün kullanılması*
4. *Kameralarda farklı kalitelerde lenslerin kullanılması*
5. *Yüksek ışıkta göz bebeğinin küçülmesi*
6. *Cam kırıklarının orman yangınlarına neden olması*
7. *Ev ve iş yerlerinde perde kullanılması*
8. *Köpek düdüklerinden çıkan sesi insanların algılayamaması*
9. *Güneş yanıkları*

a) Bu olaylardan hangileri optik alanı ile ilişkilidir?
b) Optik bilgileri ile açıklanamayan olayların fiziğin hangi alt dallarıyla ilişkisi vardır?

5. Katıhal Fiziği


Görsel 1.1.12: Güneş pili

Katıhal fiziği, kristal yapıdaki katı maddelerin mikroskobik ve makroskobik özelliklerini araştırır. Katı maddelerin özellikle kristallerin ve çok atomlu moleküllerin oluşturduğu yapıları ve bu yapıların özelliklerini inceler. Bu özellikler arasında katı maddenin elektriksel, manyetik, optik ve termal özellikleri bulunur.

Katıhal fiziği teknolojide kullanılan malzemeleri amacına uygun olarak geliştirmek üzere çalışmalar yapar. Bu çalışmalar arasında günümüzde popüler olan nanoteknoloji ve süper iletkenlik de bulunur. 20. yüzyıl biliminin önemli bir dalı olan Katıhal fiziği kuantum mekaniği, istatistiksel fizik, elektromanyetizma gibi dalların bilgilerinden yararlanır.

Katıhal fiziği; kalem ucu, granit tencereler, akıllı kumaşlar, leke tutmayan duvar boyaları, hafızalı metaller, şarjlı piller, güneş pilleri (Görsel 1.1.12) gibi pek çok uygulama alanında çalışmalar yapar.

Mikroelektronik mühendisliği bu alanla ilgili mesleklere örnektir.

ÖRNEK SORU

Fizik ile ilgili verilen olaylardan hangileri katıhal fiziği ile ilişkilendirilebilir?

I. Isı ve ses yalıtımında cam yünü kullanılması
II. Tesisatta kullanılacak plastik boruların dayanıklılığı
III. Işığın suda kırılması
IV. Bilgisayarlarda kullanılan silikon devrelerin işlem hızı

ÇÖZÜM

Katıhal fiziği, katı haldeki maddelerin özellikleri ile ilgilidir. Isı ve ses yalıtımında kullanılan malzemelerin ısı ve sesi iletme özellikleri, tesisat borularının mekanik etkilere karşı dayanıklılığı, bilgisayarlarda ve mikroçiplerde yarı iletken bir malzeme olan silikonun tercih edilmesi katıhal fiziğinin çalışma alanı içerisindedir. Buna göre I, II ve IV. konular katıhal fiziği ile ilgilidir.

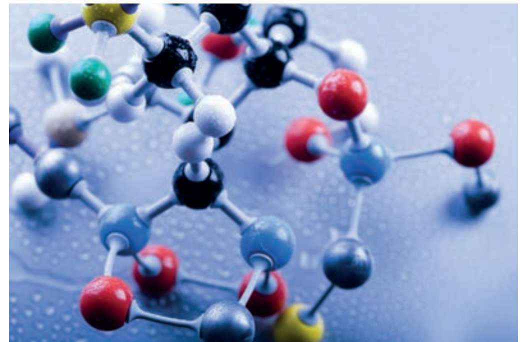
Işığın suda kırılması olayı ise optiğin çalışma alanı içerisindedir.



Araştırınız

Katıhal fiziğindeki gelişmelerin teknolojiye katkılarını araştırınız.

6. Atom Fiziği


Görsel 1.1.13: Molekül modeli

Canlıların ve maddelerin yapısını atomlar oluşturur. Bu nedenle atomlar ve moleküller (Görsel 1.1.13); fizik, kimya ve biyolojinin ortak inceleme konuları arasındadır.

Atom fiziği; atomun yapısını, atomik boyutta gerçekleşen olayları, atomların ve moleküllerin birbirleriyle olan etkileşimlerini inceler. Nanoteknoloji, atom fiziğinin uygulama alanlarından biridir.

Kuantum bilgisayarlar, yapay zekâ ve 3D yazıcılar gibi çalışmalar nanoteknolojinin popüler konuları arasındadır.

Bu alanla ilgili mesleklere verilebilecek örneklerden biri atom mühendisliğidir.

ÖRNEK SORU

Fiziğin uygulama alanları ile ilgili verilen örneklerden hangileri atom fiziği ile ilişkilidir?

I. Atomun yapısının incelenmesi
II. Hücre içine girebilecek nanorobotların yapılması
III. Periyodik cetvelin oluşturulması
IV. Moleküllerin birbileriyle olan etkileşimlerinin incelenmesi

ÇÖZÜM

I, II ve IV atom fiziğinin ilgilendiği konular arasındadır. Periyodik cetvelin oluşturulması kimyanın konusu içinde yer almaktadır.



Araştırınız

- Atom fiziğinin uygulama alanlarını araştırınız.
- Elektron mikroskobunun kullanım amaçlarını araştırınız.

7. Nükleer Fizik

Nükleer fizik diğer adıyla çekirdek fiziği; atom çekirdeğinin yapısını, çekirdekteki etkileşmeleri ve çekirdek tepkimelerini inceleyen fizik dalıdır. Nükleer fizik, radyasyonu ve canlıların radyasyondan korunma yollarını araştırır, gerekli tedbirlerin alınmasını sağlar. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra nükleer fizik alanındaki çalışmalar sayesinde enerji üretiminde de önemli gelişmeler olmuştur.

Nükleer fiziğin günümüzde geniş bir kullanım alanı vardır. Bu alanlardan biri olan nükleer tıpta hastalık teşhisi için kullanılan röntgen ışını (X-ışınları), BT (bilgisayarlı tomografi), PET-CT (pozitron emisyon tomografisi-bilgisayar tomografisi) gibi vücut içi görüntüleme sistemleri, kanserde ışın tedavisinde kullanılan cihazlar nükleer fizik sayesinde geliştirilmiştir. Dünya'nın yaş hesabından tarihsel olarak sıcaklık değişiminin hesaplanmasına, okyanus akıntılarının takibinden arkeolojik bir kalıntının kökeninin belirlenmesine, gıdaların iyonize radyasyon ile ışınlanarak raf ömürlerinin uzatılmasından tohum ıslahına kadar pek çok alanda nükleer fizik çalışmaları kullanılır. Nükleer fizik çalışmalarında karşılaşılan sürpriz sonuçlar yüksek enerji fiziği alt dalının doğmasına yol açmıştır.

Nükleer enerji mühendisliği bu alanda çalışmalar yapan mesleklerden biridir.

ÖRNEK SORU

Fizik ile ilgili verilen olaylardan hangileri nükleer fizik ile ilişkilendirilebilir?

I. Atomların kovalent bağ oluşturması
II. Atom çekirdeklerinin parçalanması veya birleşmesiyle enerji açığa çıkması
III. Yıldızlarda enerji üretimi

ÇÖZÜM

Nükleer fizik, atom çekirdeği ve çekirdekte gerçekleşen reaksiyonlar ile ilgilenir. Çekirdeğin parçalanması (fisyon) veya atom çekirdeklerinin birleşmesi (füzyon) nükleer fizik ile ilgilidir. Yıldızlarda füzyon sonucunda enerji açığa çıkar. Bu nedenle II ve III numaralı ifadeler nükleer fizik ile ilgilidir. Atomların kovalent bağ oluşturması ise atom fiziği ve kimya biliminin çalışma alanı içerisindedir.

SIRA SİZDE 4

Fizik ile ilgili verilen olaylardan hangileri nükleer fizik ile ilişkilendirilebilir?

I. Tarihi eserlerin ve fosillerin yaşının hesaplanması
II. Bazı hastalıkların teşhisinde PET-CT cihazlarının kullanılması
III. Moleküllerin atomlarına ayrılması
IV. Gezegenler arasındaki çekim kuvvetinin hesaplanması

8. Yüksek Enerji ve Plazma Fiziği

Yüksek enerji ve plazma fiziği, atom altı parçacıklar ve bu parçacıklar arasındaki ilişkileri inceleyen bilim dalıdır. Atom altı parçacıklarla yapılan deneyler oldukça yüksek enerjilerde yapıldığı için **yüksek enerji fiziği** olarak da adlandırılır. Yüksek enerjilerde çalışılan diğer bir bilim dalı da plazma fiziğidir. Plazma fiziği; Güneş ve diğer yıldızların yapısını ve enerjilerinin kaynaklarını inceler, Dünya üzerinde bu enerjinin nasıl üretilebileceğini ve kullanılabileceğini araştırır.

Uzay seyahatlerinde uzaya gidiş süresinin kısaltılabilmesi ve gerekli olan enerji kaynağının miktarının belirlenmesi, yüksek enerji ve plazma fiziğinin çalışma konularındandır.

Savunma; uzay ve roket sanayisi (Görsel 1.1.14), nükleer ve tıbbi atıkların arıtılması, güçlü LASER ışınlarının elde edilmesi, yüksek enerji ve plazma fiziğinin uygulama alanlarındandır.

Fizik mühendisliği bu alanla ilgili mesleklere örnektir.



Görsel 1.1.14: Fırlatılmaya hazırlanan roket

ÖRNEK SORU

Fizik ile ilgili verilen olaylardan hangileri yüksek enerji ve plazma fiziği ile ilişkilendirilebilir?

I. Nükleer enerji elde etmede kullanılan sistemlerin iyileştirilmesi
II. Güneş'teki patlamaların Dünya'ya etkisi
III. Yıldızların oluşumu
IV. Elektrik kesintilerinde jenaratör kullanılması

ÇÖZÜM

I, II ve III yüksek enerji ve plazma fiziğinin çalışma konuları arasındadır.
IV ise fiziğin alt dallarından elektromanyetizmanın çalışma alanı içerisindedir.

SIRA SİZDE 5

Fizik ile ilgili
I. Yıldızların oluşumu
II. Yıldızlarda enerji üretimi
III. Yıldızların yörüngelerinin belirlenmesi
konularından hangileri yüksek enerji ve plazma fiziği ile ilgili değildir?



Araştırınız

CERN'de yapılan deneyler hakkında araştırma yapınız.

1.1.3 FİZİĞİN DİĞER DİSİPLİNLERLE İLİŞKİSİ

Bilim tarihi incelendiğinde bütün bilimler gibi fizik de felsefenin içinde yer almıştır. Bilimsel bilginin gelişmesiyle felsefeden ayrılan ilk bilim dalı fizik olmuştur.

Fizik sözcüğü, Eski Yunancada "doğa" anlamına gelen physis (fiysis) kelimesinden gelmektedir. Uzun süre doğa felsefesi olarak-kabul görmesi doğayı anlama, açıklama çabasından kaynaklanır. Doğanın tüm makroskobik ve mikroskobik görünümünü inceleyen ve bu olayların neden ve sonuçlarını araştıran doğa bilimlerinin kaynağı fizik bilimidir. Kimya, biyoloji gibi disiplinlere ait alt dallar ve mühendislik alanları fiziğin ilkelerinin uygulanmasıyla doğmuştur. Fiziğin etkileşimde bulunduğu disiplinlere felsefe, biyoloji, kimya, matematik, teknoloji, mühendislik, sanat ve spor örnek olarak verilebilir.

"Bilgiseverlik", "bilgelik sevgisi" anlamlarını içeren felsefe; insanın varlığını bilme, aklını kullanarak evrendeki yerini açıklama isteğidir.

Felsefe ve fizik akıl yürüterek evreni, zamanı ve mekânı anlama yolunda sorular sorup cevaplamaya çalışır. Fizik biliminde var olan gelişmeler felsefeyle etkileşim hâlindedir. Örneğin felsefe tarihi boyunca zaman-mekân kavramlarının ne olduğuna dair düşünceler tartışılmıştır. Newton'ın "Doğa Felsefesinin Matematik İlkeleri" adlı eseri (Görsel 1.1.15) fizik biliminin temel eseridir. Bu eserinde Newton; mekaniğin temel ilkelerini, gezegenlerin, Güneş'in etrafında na-

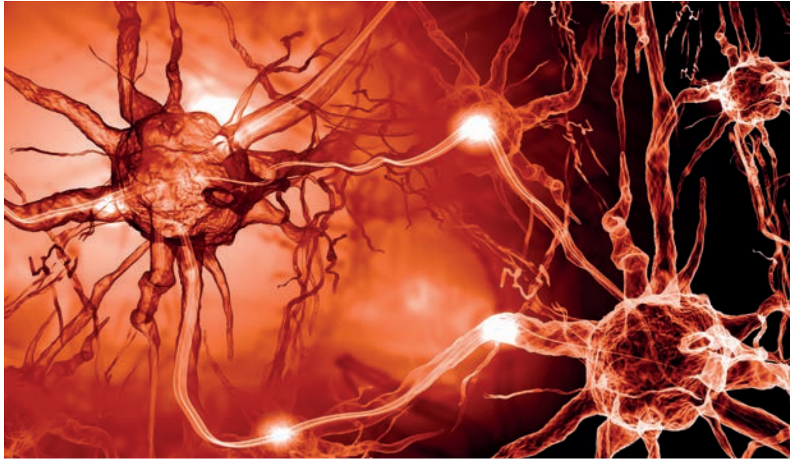
sıl ve neden hareket ettiğini ve evrensel çekim kanunlarını açıklamıştır. Aynı esere felsefi açıdan bakıldığında ise zaman ve mekân açıklamaları dikkat çekicidir. Newton'ın doğada insan bilincinden bağımsız zaman ve mekân olduğunu açıklaması felsefi açıdan önemli olmuştur.

Newton'ın fiziksel ya da maddi dünyanın gerçeklerine dayanan bu görüşü 20. yüzyılda ortaya atılan Albert Einstein'ın (Albırt Aynştayn) Rölativite Teorisi ile sorgulanmaya başlanmıştır. Uzay ve zamanın mutlak olmadığı görüşü evrene yeni bir bakış açısı getirmiş ve bilimde değişmez, evrensel kabul edilen bilgilerin değişebileceği (rölativizm-görecelik) görüşü felsefeye de yansımıştır.

Felsefe ve fizik arasında gelişen etkileşimi ünlü fizikçi Einstein'ın "Evren, bir bütündür, tektir. Belki bu yüzden evrende birbiriyle tamamen ilişkisiz iki şey yoktur. İlişkileri görebildiğinizde evren kalbini açar size." sözü özetlemektedir.

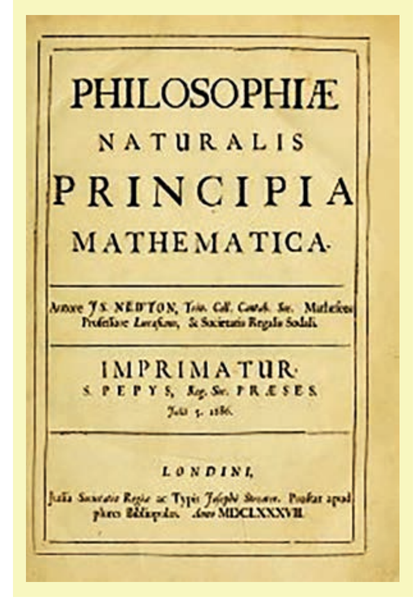
Fizik, temel bilim dallarından biyoloji ve kimya ile yakın ilişki içerisindedir. Bu yakınlık yeni alanların oluşmasına sebep olmuştur. Atom kavramının gelişmesi ile fizikokimya, kimyasal reaksiyonların oluşumunda meydana gelen bazı olayları fiziğin alt dallarından yararlanarak açıklar. Biyoloji DNA'nın yapısı için atomik fizik bilgilerini kullanır. Katıhal fiziği ve nanoteknoloji çalışmalarında kimyadan destek alınır.

Disiplinler arası bir bilim dalı olan biyofizik, fizik biliminin teknik ve prensiplerini biyolojiye uygular. Sinirlerde bilgi iletimi, biyoelektrik ve sinir yapılarının (Görsel 1.1.16) tanımlanması gibi canlı yapısı ile ilgili konularda çalışmalar yaptığı için tıpta da geniş bir uygulama alanına sahiptir.



Görsel 1.1.16: Sinirlerde bilgi iletimi ve biyoelektrik illüstrasyonu

Bilimsel çalışmalarda elde edilen sonuçların bilimle ilgilenen insanlar tarafından anlaşılması ve evrensel nitelikte olması önemlidir. Bu nedenle fizik biliminde yapılan çalışmalarda, kullanılan teori ve yasaların ifade edilmesinde, fiziksel ilkelerin matematiksel olarak ispatlanmasında matematik kullanılır. Örneğin bir fizik deneyinin sonucu, formüller ve işlemler kullanılarak herkes tarafından anlaşılır hâle getirilebilir. Hatta bir öğrenci evde kullanılan elektrikli aletlerin gücüne bağlı olarak günlük, haftalık ve aylık elektrik enerjisi tüketimi hesabını yapabilir.



PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.

[illegible]

IMPRIMATUR.
S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.

LONDINI,

[illegible]

Görsel 1.1.15: Newton'ın "Doğa Felsefesinin Matematik İlkeleri" adlı eseri



Görsel 1.1.17: Ortaköy Camii

Uygarlıkların gelişmesinde fizik bilimi önemli bir rol oynamıştır. Tekerleğin icadından mancınıklara, cami (Görsel 1.1.17) ve köprülerden dev gökdelenlere, gaz lambasından harekete ve sese duyarlı aydınlatma sistemlerine kadar pek çok yapıda fizik bilgileri kullanılmıştır.



Görsel 1.1.18: Kar yağışı

Coğrafyada yer kabuğunun hareketinde etkili olan kuvvetlerin; gelgit olayının; iklimlerin oluşumunun; yağmur, kar (Görsel 1.1.18) ve rüzgâr gibi meteorolojik olayların; yerin manyetik alanı ve etkilerinin açıklanmasında fizik kanunları kullanılır. Pusulanın icadı ile gemilerle yapılan coğrafi keşifler de fizik biliminin sayesinde olmuştur.

Arkeolojide kazılarda bulunan eserlerin tarihî değerinin olup olmadığının ispatlanması ve yaşının hesaplanmasında radyoaktif tarihleme yöntemleri kullanılır. Bu yöntemler nükleer fizik bilgisi ile geliştirilmiştir.



Görsel 1.1.19: Elektronik devre elemanın test edilmesi

Fizik, mühendislik ve teknoloji birbirinden ayrılması güç kavramlardır. Mühendislik, sorunlara çözüm ararken fizik biliminden ve diğer bilimlerden yararlanır; teknolojiyi kullanır ve hatta teknolojiyi geliştirir. Bu süreçte fizikteki gelişmeler teknolojiyi, teknolojideki gelişmeler de fizikteki çalışmaları hızlandırır.

Makine, inşaat, elektrik-elektronik, bilgisayar, yazılım, uzay, uçak, endüstri, genetik, jeoloji, cevher hazırlama ve mekatronik gibi mühendislik dallarında yapılan çalışmalarda (Görsel 1.1.19) fizik kanunları temel alınır.

Sanat ve bilim birbirinden çok uzak disiplinler gibi düşünülse de ortak noktalarda buluşabilir. Fiziğin müzik, sahne sanatları, sinema, ve görsel sanatlarla yakın ilişkisi vardır.

Görsel sanatların temel unsurlarından biri ışıktır. Işık cisimlerin-görülmesini sağlar. Cisim tarafından yansıtılan ışın göz tarafından algılanır. Belli bir ışık kaynağı ile aydınlatılan cisimler için aydınlanma oranı cismin her yerinde aynı değildir. Işığı fazla alan kısımlar aydınlık ve parlak görülürken daha az alan veya gölgede kalan kısımlar daha karanlık görülür.

Bir cismin renginin görülebilmesi için ışığa ihtiyaç vardır. Renkler, ışık renkleri ve boya renkleri olmak üzere ikiye ayrılır. Işık renkleri bir prizmaya gelen beyaz ışığın kırıldığı anda görülen renklerdir. Bu durumun gözlendiği yerlerden biri sabun köpüklerinin renkli yüzeyleridir (Görsel 1.1.20). Resimde renklerin önemi kadar perspektif de önemlidir.



Görsel 1.1.20: Sabun köpükleri

Mekaniğin çalışma alanı içerisine giren ses, madde moleküllerinin titreşimi sonucunda oluşur. Ses oluşumu için ses kaynağına ve titreşimi iletecek maddesel ortama ihtiyaç vardır. Sesin ve müziğin nasıl oluştuğu, ortamın ve kaynağın sese etkisi gibi konular fizik kanunları ile açıklanır.

Vurmalı çalgılarda yüzey gerginliği; üflemeli çalgılarda çalgının boyu, çalgıdaki delik yerleri ve sayıları; telli çalgılarda ise tel uzunluğu, gerginliği ve gövdenin yapısı gibi konular fizikle doğrudan ilgilidir.

Meraklısına Bilgi



Keman, fizik bilim insanlarının ayrıntılı incelediği bir telli çalgı çeşididir. Keman yaylarında at kılı kullanılmaktadır. Yayın keman telinin üzerinde tutunmasını sağlayan reçine, at kılları üzerinde daha iyi bir sonuç verir. Bu şekilde at kılının lifleri, keman yayının tellerini daha iyi kavrar ve yayın kontrollü bir şekilde teller üzerinde kaymasını sağlar.



Görsel 1.1.22: Osman Hamdi Bey, Vazo Yerleştiren Kız, yağlı boya tekniği



Görsel 1.1.21: Hoca Ali Rıza, manzara resmi, yağlı boya tekniği

Cisimlerin bizden uzaklaştıkça küçülmüş ve renklerinin solmuş gibi görünmesi olayına perspektif adı verilir. Resim sanatında ise üç boyutlu varlıkların iki boyutlu çizimi olarak tanımlanır. Bir manzarayı resmedecek sanatçı; perspektif özelliklerini resmine yansıtabilmek için ışığın geliş doğrultusuna, gölge ve renk gibi optik özelliklerine dikkat etmelidir. Örneğin Hoca Ali Rıza ve Osman Hamdi Bey, resimlerinde (Görsel 1.1.21 ve Görsel 1.1.22) optik özellikleri çok iyi kullanmış ve iyi bir perspektif oluştururarak iki boyutlu çizimin üç boyutlu algılanmasını sağlamış ünlü Türk ressamlarıdır. Dünyada ışığı en iyi kullanan ressamlar arasında adı geçen Rembrandt'ın (Remrant) bir tablosu da Görsel 1.1.23'te verilmiştir.



Görsel 1.1.23: Rembrandt, Harmenszoon van Rijn, otoportre, yağlı boya tekniği

ÖRNEK SORU

Verilen durumlardan hangileri fizik bilimiyle ilişkilidir?

I. Sergi salonunda kullanılan ışığa göre tablodaki renklerin farklı algılanması
II. Resmin gerçek görüntü gibi algılanması
III. Müziğin ritmine göre maddelerin titreşimlerinde değişimler meydana gelmesi

ÇÖZÜM

Işık, ışık olayları ve renk optiğin çalışma alanı içerisindedir. Perspektif özellikleri iyi olan bir tablo gerçekmiş gibi algılanır. Bu algı, resmin optik özellikleri ile gerçekleştirilir.
Bir enerji türü olan ses, esnek ortamlarda yayılan titreşimdir. Tıpkı ses gibi anlamlı sesler bütünü olarak tanımlanan müzik de mekaniğin çalışma alanı içerisindedir.
Buna göre I, II ve III numaralı durumların hepsi fizikle ilişkilidir.



Araştırınız

- Klasik Türk müziği sazlarından kanunda nota tellerinin üzerinde yer alan mandalların hangi amaçlarla kullanıldığını araştırınız.
- İşitme cihazlarının yapısını ve fizik bilimi ile ilişkisini araştırınız.
- Renkleri canlandıran deterjanların nasıl bu etkiyi sağladığını ve bu işlemde kullanılan tekniklerin fiziğin hangi alt dalları ile ilişkili olabileceğini araştırınız.





Perspektifle ilgili bilgileri ve bazı çalışmaları karekodu verilen linkten görebilirsiniz.

Fiziğin ilişkide bulunduğu bir diğer disiplin de spordur. Biyomekanik, mekanik prensiplerin canlılara uygulanması anlamını taşır. Mekanik kavramlarını kullanarak canlı hareketlerini açıklamaktadır. Spor biyomekaniği ise sporcuların biyolojik yapılarına etki eden kuvvetleri ve etkilerini inceleyen bilim dalıdır. Spor dallarına göre özelleşmiş insan hareketlerini mekanik kavramlarını kullanarak açıklar. Belirli spor hareketlerinin biyomekanik incelemesini ve bazı hareketlerin niceliksel hesaplamalarını yaparak sporcuların performans gelişimini sağlar. Spor malzemelerinin performansını iyileştirmeye yönelik çalışmalar yapar. Bu çalışmalar sırasında bazı sorulara cevap arar. Örneğin futbolda topu atmada, atış uzaklığı ile atış açısı, topun atış hızı ve atış yüksekliği arasında nasıl bir ilişki vardır? Basketbolda basket atışında oyuncunun kol eklemlerindeki farklılıkların, topa uyguladıkları kuvvete etkisi nedir? Teniste servis atışında raketin örgü gerginliği veya topun kütlesi ile topun hızı arasında nasıl bir ilişki vardır? Sırıkla atlamada bir kaldıraç olarak kullanılan sırığın esnek yapıda olması sayesinde sporcu yukarı doğru yükselir. Sırıkla atlamada sırığın yapıldığı malzeme ile yükselme miktarı arasındaki ilişki nedir? Basketbol topunun yapımında kullanılan malzemenin esnekliği, dayanıklılığı, genleşmesi gibi özelliklerinin atışlara etkisi (Görsel 1.1.24) nedir?



Görsel 1.1.24: Basketbol atışı

Fizik ile spor arasındaki ilişki her spor dalının ve sporcunun fiziksel özelliklerine göre değişmektedir. Örneğin hava dalışçılarının kol ve bacaklarını açmalarının sebebi sürüklenmelerini maksimum seviyeye çıkarmak içindir. Çünkü sporcunun hava ile temas eden yüzeyi arttıkça sporcu daha çok sürüklenecek böylece havada daha uzun süre kalacaktır.

Okçuluk sporunda yayda gerilme sonucunda oluşan enerji ok fırlatılınca kinetik enerjiye dönüşür. Gerilme ne kadar büyükse ok o kadar ileri doğru hareket eder.

1.1.4 FİZİKSEL NİCELİKLERİN SINIFLANDIRILMASI

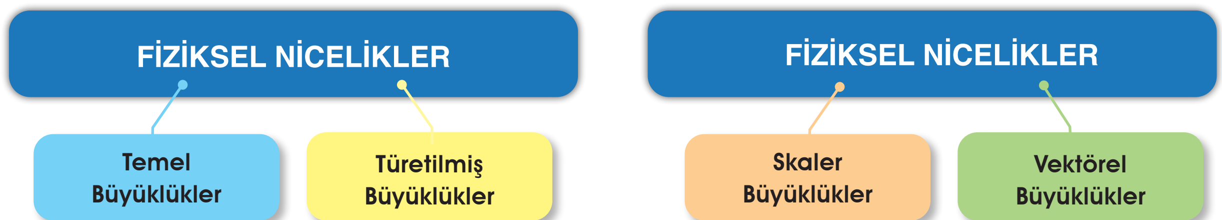
Fizik, doğa kanunlarını inceleyen ve araştıran bir bilimdir. Bu incelemeler için kullanılan temel yöntemlerin başında deney ve gözlem gelir. Bilimsel çalışmaların ilk basamağı gözlem yapmaktır. Gözlem bir varlık ya da olay ile ilgili bilgiye ulaşmak için duyu organları ya da çeşitli araçlarla bilgi toplama işidir. Gözlem kendi içinde nitel ve nicel gözlem olmak üzere ikiye ayrılır. Duyu organları ile yapılan nitel gözlemin sonuçları özneldir, herkese göre değişebilir. Ölçüm aletleriyle yapılan nicel gözlemin sonuçları objektif ve bilimseldir.

Nicelik, bir varlığın ya da nesnenin somut olarak ölçülebilen ya da sayılabilen özellikleridir. Örneğin "üç tane elma, sekiz kitap" dediğimiz zaman üç ve sekiz niceliği ifade eder. Birbiriyle karşılaştırılıp, karşılaştırma sonucu sayısal olarak ifade edilebilen niceliklere **fiziksel nicelik** denir.

1960 yılında yapılan 11. Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Genel Konferansı'nda (CGPM) görüşülmüş ve "SI" olarak ifade edilen "Uluslararası Birimler Sistemi" (Système International d'Unités-SI) kabul edilmiştir. Uluslararası Birimler Sistemi (SI); 7 temel birim ile bu temel birimler üzerinden türetilmiş birimlerden oluşmaktadır.

SI sistemi, 1960 yılında CGPM tarafından resmi olarak kabul edildiğinden bu yana bilimsel ve teknolojik gelişmelere paralel olarak birkaç kez revize edilmiştir. Yapılan revizyonların en önemli sebebi, ölçüm birimlerinin yapay nesneler yerine, doğal olaylara bağlı evrensel sabitlere bağlı olarak tanımlanmasıdır.

Sınıflandırma; gözlemlenen olayları tanımlayabilmek, kıyaslayabilmek ve aralarında ilişki kurabilmek için belirli kurallara göre yapılan bir düzenlemedir. Fizik biliminde kullanılan nicelikler için farklı sınıflandırmalar yapılabilir. Nicelikler, kendisinden başka bir niceliğin ölçülmesine gerek olmadan ifade edilip edilmemelerine göre temel ve türetilmiş; yöne bağlı olup olmamalarına göre de vektörel ve skaler şeklinde sınıflandırılmaktadır.



Temel ve Türetilmiş Büyüklükler

1. Temel Büyüklükler

Kendisinden başka bir niceliğin ölçülmesine gerek olmadan ifade edilen büyüklüklere **temel büyüklük** denir. Uzunluk, kütle, zaman, sıcaklık, akım şiddeti, ışık şiddeti ve madde miktarı olmak üzere yedi temel büyüklük vardır. Temel büyüklüklere ait bazı bilgiler Tablo 1.1.1'de verilmiştir.

Tablo 1.1.1: Temel büyüklükler

Temel Büyüklükler	Sembolü	SI Birim Sembolü	SI Birimleri	Örnek Ölçme Aracı
Uzunluk	l	m	metre	şerit metre
Kütle	m	kg	kilogram	eşit kollu terazi
Zaman	t	s	saniye	kronometre
Sıcaklık	T	K	kelvin	termometre
Akım Şiddeti	i	A	amper	ampermetre
Işık Şiddeti	I	cd	kandela	fotometre
Madde Miktarı	n	mol	mol	-

2. Türetilmiş Büyüklükler

Nicel gözlemin sonucu, birden fazla temel büyüklük kullanılarak ifade ediliyorsa büyüklük **türetilmiş büyüklük** adını alır. Türetilmiş büyüklükler birden fazla temel büyüklüğün ya da birimin kullanıldığı büyüklüklerdir. Alan, hacim, kuvvet ve ivme gibi büyüklükler türetilmiş büyüklüklere örnek olarak verilebilir. Türetilmiş büyüklüklerden bir kısmına ait bilgiler Tablo 1.1.2'de verilmiştir.

Tablo 1.1.2: Türetilmiş büyüklüklere örnekler

Türetilmiş Büyüklükler	Sembolü	SI Birim Sembolü	SI Birim Adı	Birimin Açık Hâli
Kuvvet	F	N	Newton	$kg.m/s^2$
Sürat	v	m/s	metre/saniye	m/s
Enerji	E	J	Joule	$kg.m^2/s^2$
Basınç	P	Pa	Pascal	N/m^2
Elektrik Yükü	q	C	Coulomb	A.s
…	…	…	…	…

ÖRNEK SORU

Verilen nicelikleri temel ve türetilmiş büyüklük olarak sınıflandırınız.

- Basınç
- Hız
- Uzunluk
- Sıcaklık
- Hacim
- Akım şiddeti
- Sürat

ÇÖZÜM

Verilen niceliklerin sınıflandırması aşağıdaki şekildedir.

Temel Büyüklükler	Türetilmiş Büyüklükler
Uzunluk	Basınç
Sıcaklık	Hız
Akım şiddeti	Hacim
	Sürat

SIRA SİZDE 6

Tabloda verilen kavramlardan temel büyüklük olanların yanındaki kutucuğa √ (tik) atınız.

☐	1. Kuvvet	☐	6. İvme
☐	2. Işık şiddeti	☐	7. Kütle
☐	3. Yüzey alanı	☐	8. Güç
☐	4. Madde miktarı	☐	9. Isı
☐	5. Zaman	☐	10. Özkütle

Skaler ve Vektörel Büyüklükler

1. Skaler Büyüklükler

Sadece ölçü değeri ve birimi ile ifade edilen niceliklere **skaler büyüklük** denir. Skaler büyüklükler doğrultu ve yön belirtmez. Örneğin “Bir kap içerisinde 3 litre süt var.” ifadesinde 3, ölçüm değerini; litre, ölçü birimini verir. Bu bilgiler ölçülen nicelik hakkındaki tüm bilgileri kapsamaktadır. Doğrultu ve yön bilgisine ihtiyaç duyulmaz. Skaler büyüklüklerin toplanması ya da çıkarılması gibi işlemlerde temel aritmetik işlemler kullanılır. Örneğin içinde 3 litre süt bulunan kaba, 4 litre süt eklendiğinde kaptaki süt miktarı 7 litre olur. Kütle, zaman, uzunluk, hacim, özkütle ve sıcaklık gibi büyüklükler skaler büyüklüktür.

ÖRNEK SORU

Basketbolun oyun süresi, onar dakikalık dört periyottan oluşur. Her iki takımın üç defa birer dakikalık mola kullandığı, ikinci ve üçüncü periyot arasında 15 dk devre arası verildiği bir basketbol oyununun toplam süresi kaç dakikadır?

ÇÖZÜM

Periyot süresi =10 dk
Oyun süresi (4 periyot) = 4.10 =40 dk
Mola süresi = 6.1= 6 dk
Devre arası =15 dk
Toplam oyun süresi = (4.10) + (6.1) + 15
= 40+6+15=61 dk olur.

ÖRNEK SORU

Kare şeklindeki bahçenin bir kenarı 100 m ise çevresi kaç metredir?

ÇÖZÜM

Kare, dört kenarı birbirine eşit olan geometrik şekildir. Bir kenarı a olan karenin çevresi Ç olmak üzere Ç=4.a ifadesi ile hesaplanır.
Buna göre bahçenin çevresi
4.100=400 m olarak bulunur.

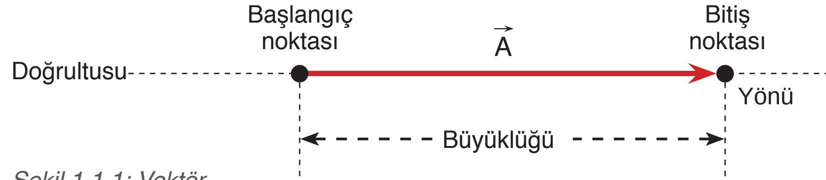
2. Vektörel Büyüklükler

Vektör nedir?

Vektör, yönü, doğrultusu ve büyüklüğü olan doğru parçasıdır.
Vektörlerin Şekil 1.1.1'deki gibi

- başlangıç noktası (uygulama noktası) ve bitiş noktası,
- büyüklüğü (şiddeti, sayısal değeri),
- doğrultusu,
- yönü vardır.

Vektörler vektörü temsil eden bir harf veya sembolün üzerine çizilen ok ile gösterilir. Örneğin A vektörünün gösterimi $\vec{A}$ şeklindedir. Vektörün büyüklüğü gösterilirken vektör, mutlak değer içinde yazılır ($|\vec{A}|$) veya sadece harf ile (A) gösterilir. Vektörün büyüklüğü skaler bir niceliktir.



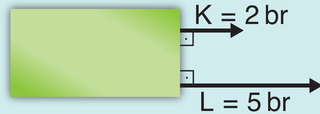
Şekil 1.1.1: Vektör

Kitaplarda vektörler ve vektörlerin büyüklükleri farklı biçimlerde gösterilmektedir. Vektörler vektörü temsil eden harf ve üzerine çizilen ok (→) işareti ile ya da vektörü temsil eden harfin koyu yazılması ile verilir. Vektörün büyüklüğü ise vektörün mutlak değer içinde gösterimi ($|\vec{v}|$) ya da vektörü temsil eden harfin yalın verilmesi şeklinde gösterilir.
Bu kitapta vektörlerin gösteriminde harf üzerine çizilen ok ($\vec{v}$) ve vektörlerin büyüklüklerinin gösteriminde ise yalın harf kullanılmıştır ($v = 10\ m/s$ gibi).

Vektör diyagramları (çizimleri) ölçeklidir. Örneğin 2 m uzunluğundaki yol 1 cm uzunluğunda bir vektörle gösteriliyorsa 6 m'lik yol 3 cm uzunluğunda bir vektör ile gösterilir.

Birden fazla vektörün yerine kullanılabilecek tek vektöre **bileşke vektör** adı verilir ve $\vec{R}$ sembolü ile gösterilir. Bileşke vektör, vektörlerin belirli kurallarla toplanmasıyla elde edilir. Vektörel işlemlerde vektörlerin büyüklüğünün yanı sıra yönü de dikkate alınır. Birbirine paralel olan vektörler sayı doğrusundaki rakamlar gibidir.

Aynı yöndeki vektörlerin büyüklükleri toplanarak (Şekil 1.1.2 a), zıt yöndeki vektörlerin büyüklükleri ise büyükten küçük olan çıkartılarak (Şekil 1.1.2 b) hesaplanır. Her iki durumda da cisim bileşke-vektör yönünde hareket eder.



R=2+5=7 br

Şekil 1.1.2 a: Aynı yönlü kuvvetlerin bileşkesi

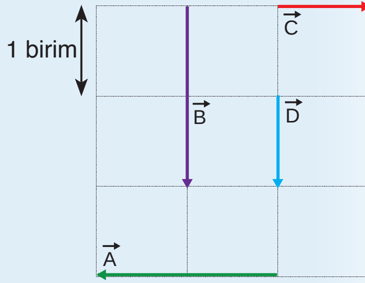


R=5-2=3 br

Şekil 1.1.2 b: Zıt yönlü kuvvetlerin bileşkesi

ÖRNEK SORU

$\vec{A}$, $\vec{B}$, $\vec{C}$ ve $\vec{D}$ vektörleri birim karelerden oluşturulmuş şekil üzerinde gösterilmiştir.



Buna göre

a) $\vec{A} + \vec{C}$

b) $\vec{B} + \vec{D}$

işlemlerini yaparak çizimle gösteriniz.

ÇÖZÜM

a) $\vec{A}$ ve $\vec{C}$ vektörleri yatay doğrultuda ve zıt yönlü vektörler olduğu için çıkarma işlemi yapılır.

A = 2 birim (yatay sola doğru)

C = 1 birim (yatay sağa doğru)

olduğuna göre bu vektörlerin toplamı

A + C = 2 - 1 = 1 birim (yatay sola doğru)

olur.

b) $\vec{B}$ ve $\vec{D}$ vektörleri düşey doğrultuda ve aynı yönlü vektörler olduğu için toplama işlemi yapılır.

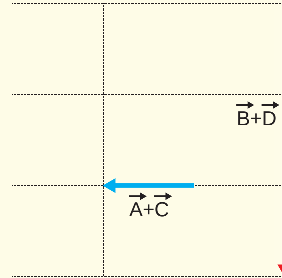
B = 2 birim (düşey aşağı doğru)

D = 1 birim (düşey aşağı doğru)

olduğuna göre bu vektörlerin toplamı

B + D = 2 + 1 = 3 birim (düşey aşağı doğru)

olur.



SIRA SİZDE 7

Büyüklükleri 9 ve 6 birim olan $\vec{A}$ ve $\vec{B}$ vektörleri için aşağıdaki durumlar veriliyor. Her bir durum için bileşke vektörün değerini hesaplayınız ve yönünü çizerek gösteriniz.

a) İki vektör yatay doğrultuda ve aynı yönlüdür.

b) İki vektör yatay doğrultuda ve zıt yönlüdür.

c) İki vektör düşey yukarı doğrultuda ve aynı yönlüdür.

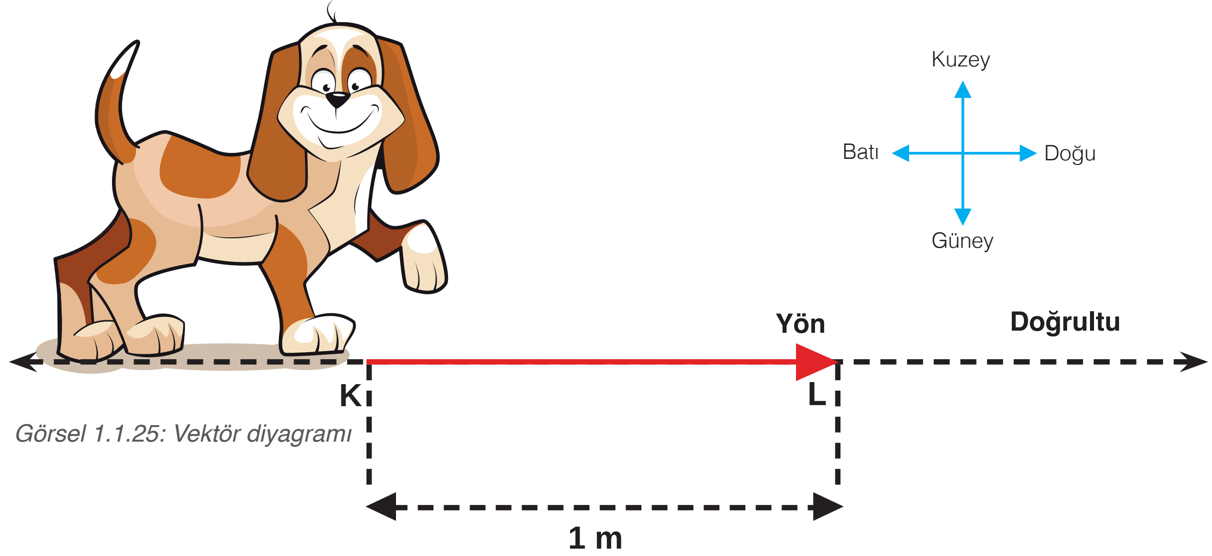
ç) İki vektör düşey doğrultuda ve zıt (A vektörü aşağı, B vektörü yukarı) yönlüdür.

Bazı nicelikleri sadece sayı ve birimle ifade etmek yeterli olmayabilir. Örneğin göstergesi 80 km/h gösteren bir araçtan bahsedildiğinde "Nereden nereye gidiliyor?" ve "Hangi yönde, hangi doğrultuda hareket ediyor?" sorularının cevapları yoktur. Eğer "Sürat göstergesi 80 km/h'i gösteren bir araç, Adana'dan Trabzon'a doğru gidiyor." denilirse aracın nereden nereye, hangi yönde ve doğrultuda hareket ettiği de anlaşılır.

Rüzgârın saatte 18 km süratle estiğini söylemek yeterli bir bilgi değildir. Kuzeydoğudan saatte 18 km hızla estiği söylendiğinde ise rüzgârın hangi yönden estiği anlaşılır. Rüzgârın yönü ve hız değeri balıkçıların, denizcilerin, pilotların, dağcıların ihtiyaç duyduğu bir bilgidir.

Yönlendirilmiş doğru parçasına vektör, ölçü değeri ve birimin yanı sıra doğrultu ve yön bilgisini de içeren büyüklüklere **vektörel büyüklük** adı verilir. Kuvvet, ağırlık, yer değiştirme, hız, ivme, elektrik alan ve manyetik alan vektörel büyüklüklere verilebilecek örneklerden birkaçıdır.

K noktasından 1 m yürüyerek L noktasına ulaşan bir köpeğin yaptığı yer değiştirme vektör diyagramı (Görsel 1.1.25) ile nasıl ifade edilir?



Görsel 1.1.25: Vektör diyagramı

Yer değiştirme vektörel bir büyüklüktür. K noktası vektörün uygulama noktası yani hareketin başlangıç noktasıdır. L noktası vektörün bitiş noktasıdır. KL doğrultusundaki okun yönü vektörün yönünü yani hareketin yönünü gösterir. Köpeğin doğu-batı doğrultusunda doğu yönünde yaptığı yer değiştirmenin büyüküğü 1 m'dir.

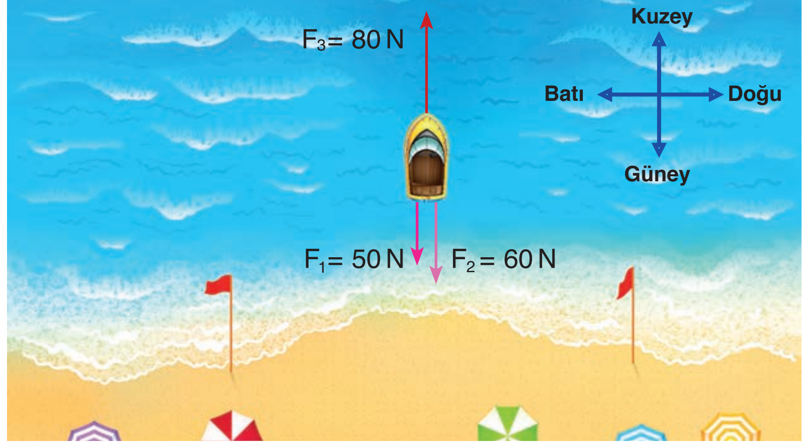
Vektörel niceliklerin toplanması günlük hayatta birçok yerde kullanılmaktadır. Örneğin uçakların ve gemilerin koordinat sistemlerinde, gemilerin sefer seyrinin belirlenmesinde, coğrafi konumun belirlemesinde ve günlük hayatta yapılan birçok eylemde vektörlerin toplamından faydalanılır.

Bileşke kuvvet bir cisme etki eden kuvvetlerin vektörel toplamıdır. Cisim bileşke kuvvet yönünde hareket eder. Örneğin birden fazla kişiyle yolda kalmış bir arabayı itmeye, evdeki bir dolabı çekmeye çalışırken arabaya ve dolaba kuvvet uygulanır. Araba ve dolabın hareketi uygulanan kuvvetlerin vektörel toplamına yani bileşkesine bağlıdır.

Meraklısına Bilgi

Uçaklar belirli bir rota üstünden belirli bir irtifa ile uçarlar. Bu doğrultuda uçağın yön bulmasına yardımcı olan sistemlere seyrüsefer sistemleri denir. Bu sistem uydudan aldığı bilgileri uçağa iletir ve hedefe ne zaman varacağını, rotadan ne kadar saptığını, hava koşullarının rotayı nasıl etkilediğini uçağa ait vektörel niceliklerin (yer değiştirme, hız, ivme) değerlerine göre hesaplar.

Denizde akıntıya kapılan bir kayığın (Şekil 1.1.3) ucundaki halatlardan tutarak kıyıya doğru çekmeye çalışan balıkçıların kayığa uyguladığı kuvvetler $\vec{F}_1$ ve $\vec{F}_2$ dir. Akıntı, bu kuvvetlere ters yönde ve $\vec{F}_3$ kadardır. Buna göre kayık, kaç newtonlık kuvvetle hangi yöne doğru hareket eder? Bu sorunun cevabı vektörel işlemle verilebilir.



Şekil 1.1.3: Tek boyutta bileşke vektör hesaplaması

Kayığa etki eden kuvvetlerin bileşkesi
$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$ şeklinde hesaplanır. Bileşke vektörün büyüklüğü ise R=50+60-80=30 N olur. Buna göre kayık 30 N büyüklüğündeki bileşke kuvvetin etkisiyle güneye doğru hareket eder.

ÖRNEK SORU

Cümlelerin hangilerinde skaler büyüklük yer almaktadır?

I. Ev ile okul arasındaki yol 500 metredir.
II. Bu hafta 3 litre süt aldık.
III. Fizik dersi o kadar eğlenceliydi ki 40 dakika nasıl geçti anlayamadık.
IV. Araç kuzey yönünde 100 km/h hızla ilerliyordu.

ÇÖZÜM

I. cümlede geçen yol uzunluğu, II. cümlede geçen sütün hacmi, III. cümledeki ders süresi skaler niceliklerdir. IV. cümlede 100 km/h hızla kuzey yönünde giden bir araçtan bahsedilmektedir. Aracın hız büyüklüğü ile hareket yönü verildiği için bu cümlede vektörel büyüklük bulunmaktadır.

SIRA SİZDE 8

Vektörel ve skaler nicelikler içeren ifadeler verilmiştir.

1. *Masa kapıya doğru 12 N ve 8 N'lık kuvvetlerle çekildi.*
2. *Tasarruf yaparak biriktirdiği 160 TL miktarındaki parasına 140 TL daha ekledi.*
3. *Çocuklar oyuncağı 6 N ve 8 N'lık kuvvetlerle zıt yönde çekiştirdi.*
4. *200 m'lik ipe 50 m daha ip eklendi.*

a) İfadelerde geçen nicelikler için toplama işlemi yapınız.
b) Skaler ve vektörel niceliklerin toplama işlemindeki farklılıklar nelerdir?
c) Skaler ve vektörel niceliklerde toplama işlemine yönelik günlük hayattan örnekler veriniz.

Niceliklerin temel, türetilmiş, skaler ya da vektörel büyüklük olarak sınıflandırıldığı "Fiziksel niceliklerin sınıflandırılması" etkinliğini yapınız.

ETKİNLİK

ETKİNLİĞİN ADI: ***Fiziksel Niceliklerin Sınıflandırılması***

ETKİNLİĞİN AMACI: ***Fiziksel nicelikleri temel, türetilmiş, skaler ve vektörel büyüklükler şeklinde sınıflandırma***

KULLANILAN MALZEMELER: ***A4 kâğıdı, kalem, katlı kâğıtların biriktirilebileceği bir yer veya kap***

UYARI: ***Kâğıdınızı, tasarruflu davranmak için bir yüzü kullanılmış fotokopi kâğıtlarından seçebilirsiniz.***

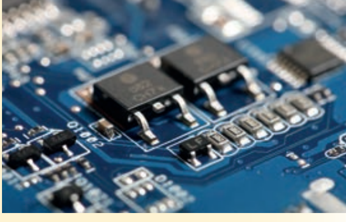
- *A4 kâğıtlarını eşit büyüklükte küçük parçalara ayırınız.*
- *Her biriniz üçer tane kâğıt parçası alınız.*
- *Her parçaya 3 kg, 4 m/s, 50 N gibi bir fiziksel niceliğin büyüklüğünü ve birimini yazınız.*
- *Dörde katladığınız kâğıtları bir yerde veya kapta toplayınız.*
- *Sınıfınızın dört köşesinden her birini temel, türetilmiş, skaler ve vektörel olarak adlandırınız.*
- *Toplanan kâğıtları karıştırdıktan sonra her biriniz sırayla bir katlanmış kâğıt seçiniz.*
- *Öğretmeninizin "Temel ve türetilmiş büyüklükler köşelerine gidiniz." komutuyla kâğıdınızda yazan büyüklüğe ait köşede toplanınız.*
- *Toplanma işi bitince kâğıtlarınızdaki niceliği sırayla yüksek sesle okuyarak doğru köşede olup olmadığınızı değerlendiriniz.*
- *Öğretmeninizin "Şimdi de vektörel ve skaler büyüklükler köşelerine gidiniz." ikinci komutuyla kâğıdınızda yazan büyüklüğe ait köşede toplanınız. Birinci komut sonrasında yaptığınız değerlendirmeyi ikinci komut için de yapınız.*
- *Grup hâlinde elinizdeki kâğıtlardan temel, türetilmiş, vektörel ve skaler büyüklükler listelerini oluşturarak sınıf panosuna asınız.*



ETKİNLİĞİN SONUÇLANDIRILMASI

1. *Etkinliği yaparken fiziksel nicelikleri sınıflandırmakta zorlandınız mı? Sebebini açıklayınız.*
2. *Sınıflandırma yaparken zorlandığınız anları arkadaşlarınız veya öğretmeninizle konuşarak açıklığa kavuşturunuz.*

Meraklısına
Bilgi



Tümdevre (entegre devre); diyot, transistör, direnç gibi yarı iletken elektronik devre elemanlarının çok ince bir yüzey üzerinde bir araya getirilmesi ile oluşturulur. Gün geçtikçe tümdevreler iyice küçülmekte veri işleme hızı ise artmaktadır. Bu hızın artması elektronik cihazların performansını arttırmaktadır.

1.1.5 FİZİK VE BİLİM ARAŞTIRMA MERKEZLERİ

Bilim tarihinin ilk dönemlerinde filozoflar ortak bir mekânda bir araya gelerek dünya ve uzayda gerçekleşen olaylar hakkındaki görüşlerini paylaşmışlardır. Zamanla çalışılacak konu sayısı ve içeriğindeki artış, birçok bilim insanının daha profesyonel çalışma alanlarında bir araya gelmesini gerektirmiştir.

Bilim araştırma merkezleri; bilimin gelişmesi ve günlük yaşama kazandırılması amacıyla bilim insanlarının birlikte çalışma imkânı buldukları ve bilimsel çalışmalarını, buluşlarını, projelerini, bilgiye ulaşma yol ve yöntemlerini paylaştıkları merkezlerdir. Bu araştırma merkezlerinde bilim insanları bilgi ve tecrübelerini paylaşarak ortak deneyler yapar ve evreni daha iyi anlama çalışmalarını yürütürler. Çalışmalardan elde edilen veriler sayesinde, bilimin ve teknolojik uygulamaların ilerlemesine çok büyük katkıda bulunurlar. Ülkemizde ve dünyada yer alan, fizik bilimi ile iç içe olan bilim araştırma merkezlerinden bazıları ülkemizde TÜBİTAK, TAEK, ASELSAN; dünyada CERN, NASA ve ESA olarak sıralanabilir.

TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu), kurulduğu 1963 yılında fen bilimlerindeki araştırmaları desteklemek ve araştırmacıları teşvik etmek amacıyla kurulmuştur. Başlangıçta kurumda temel bilimler, tıp, tarım ile hayvancılık alanlarında dört adet araştırma ve bilim adamı yetiştirme grubu vardı. Bugün ise on araştırma grubu içeren Araştırma Destek Grubu ve Bilim İnsanı Yetiştirme Daire Başkanlığı bulunmaktadır.



Görsel 1.1.26: TÜBİTAK Millî Güneş Enerjisi Santral projesi

1972 yılında Kocaeli'de kurulan TÜBİTAK MAM (Marmara Araştırma Merkezi), bünyesinde barındırdığı yedi enstitü ile araştırmalar yapmakta ve teknolojik uygulamalar geliştirmektedir. Bu enstitülerden Enerji ve Malzeme Enstitüleri fizik bilim insanlarının laboratuvarı hâline gelmiştir. Bu laboratuvarlarda araç kontrol ekran tasarımı, su altı araç alt sistemleri, batarya elektrodu geliştirme gibi çalışmalar ile MİLGES (Millî Güneş Enerjisi Santral Teknolojisi) (Görsel 1.1.26), YGDA (Yüksek Gerilim Doğru Akım Teknolojisi) gibi projeler yürütülmektedir.



Bilim araştırma merkezleri ile ilgili videoyu karekodu verilen linkten görebilirsiniz.

TÜBİTAK BİLGEM'de (Bilişim ve Bilgi Güvenliği İleri Teknolojiler Araştırma Merkezi), 1983 yılında yarı iletken teknolojisi alanında araştırma yapılabilmesi için YİTAL (Yarı İletken Araştırma Laboratuvarı) kurulmuştur (Görsel 1.1.27). YİTAL'de ilk millî akıllı kart tümdevresi yapılmıştır. Ayrıca uzay koşullarına dayanıklı tümdevre üretilebilmesi için çalışmalar sürdürülmektedir.



Görsel 1.1.27: YİTAL'den bazı görüntüler

SIRA SİZDE 9

TÜBİTAK'ın yürüttüğü çalışmaların fizik biliminin gelişmesi için önemini iki örnek ile açıklayınız.



Araştırınız

TÜBİTAK'ın fizik alanında liselerle yürüttüğü çalışmaları araştırınız ve arkadaşlarınızla paylaşınız.

Meraklısına Bilgi

Ülkemizin rekabet gücünü arttırmak ve sürekli kılmak amacıyla, faaliyet alanları kapsamında yeni ürünler üretmeyi, var olanları geliştirmeyi ve dünya lideri yapmayı görev kabul eden Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu (TENMAK), Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na bağlı Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü ve Nadir Toprak Elementleri Araştırma Enstitüsü'nü bünyesine almıştır. Kurumda enerji, maden, iyonlaştırıcı radyasyon, parçacık hızlandırıcıları ve nükleer teknoloji alanlarında faaliyetlerini yürütmektedir.

TAEK, 1956 yılında Ankara'da Atom Enerjisi Komisyonu Genel Sekreterliği olarak kurulmuş; 1982 yılında Türkiye Atom Enerjisi Kurumu olarak yeniden yapılandırılmıştır (Görsel 1.1.28).

Nükleer alanda araştırma, geliştirme yapmak amacıyla 1962 yılında Çekmece Gölü kenarında ÇNAEM (Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi), 1967 yılında ANAEM (Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi) kurulmuştur. Nükleer enerjinin ülke yararına kullanımını sağlamak, bu enerjinin kullanımından kaynaklanabilecek radyasyonun neden olabileceği zararlı etkilerden korunmak için gerekli olan ilke ve esasları belirlemek TAEK'in görevleri arasındaydı. TAEK'e bağlı merkezlerde nükleer maddeler üzerinde araştırmalar yapılmaktaydı. Tarım ve gıda malzemeleri ile hava, su ve topraktaki radyoaktivite analizleri; tıpta kanser teşhis ve tedavisinde kullanılan cihazların kontrolü gibi işlemler de TAEK tarafından gerçekleştirilmekteydi. Ayrıca tıpta kullanılan radyoaktif atıkların toplanıp geçici depolanması, nükleer tekniklerin toprak verimliliğinde kullanılması, moleküler genetik araştırma yapılması, endüstride atık suların ve baca gazlarının arıtılması, jeolojik, arkeolojik ve antropolojik tarihlendirme yapılması ve radyasyondan korunma eğitimleri gibi çalışmalar sürdürülmekteydi. TAEK 2020 yılında kapatılmış olup tüm görev ve yetkileri TENMAK'a (Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu) devredilmiştir.



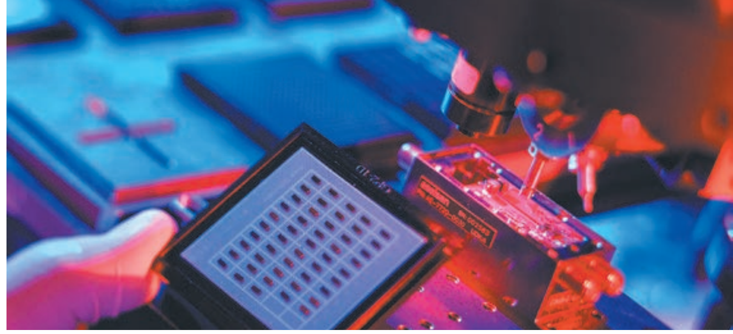
Görsel 1.1.28: TAEK logosu

ASELSAN (Askeri Elektronik Sanayi), Türk savunma sanayisinin birçok alanında olduğu gibi haberleşme konusunda da önder olan

bir kuruluştur. Bu kuruluşta Türk Silahlı Kuvvetlerinin uydu haberleşmesine yönelik ihtiyaçlarına cevap vermek, bu alandaki teknolojik gelişmelerin takipçisi ve öncüsü olmak için çalışmalar yürütülmektedir.

ASELSAN'da kritik teknoloji ürünü olan mikrodalga modül ve bileşenlerin tasarım ve üretimi yapılmaktadır. Bu çalışmaları 2000 m^2 den daha fazla alana sahip odalarda sürdürmekte olan ASELSAN dünyanın sayılı merkezlerinden biri olmuştur.

Bu kapsamda ASELSAN Mikrodalga Modülleri (Görsel 1.1.29), 9 Aralık'ta Japonya'dan fırlatılan araç ile ISS'ye (Uluslararası Uzay İstasyonu) yollandı. Modüller, bir yıl ISS'de doğrudan uzay şartlarına maruz kaldıktan sonra Nisan 2018'de dünyaya geri getirilecek.



Görsel 1.1.29: Aselsan mikrodalga modülü

ASELSAN, Türk Silahlı Kuvvetleri'nin haberleşme ihtiyaçlarının millî imkânlarla karşılanması amacıyla 1975 yılında kurulmuştur. ASELSAN elektronik teknolojileri ve sistem entegrasyonu alanında, yenilikçi ve güvenilir ürün ve çözümler sunarak Türkiye'nin teknolojik alanda dışa bağımlılığını azaltmaya yönelik çalışmalar yapmakta, millî ve özgün enerji sistem çözümleri üretmektedir. Türk Silahlı Kuvvetlerini Güçlendirme Vakfı'na (TSKGV) bağlı olan ASELSAN geliştirdiği ürünler ve teknolojik çözümlerle güvenliği ve barışı sağlama adına hizmet vermektedir.

SIRA SİZDE 10

TAEK (TENMAK) ve ASELSAN'da yapılan çalışmaların ve geliştirilen teknolojik ürünlerin fizik biliminin ilerlemesinde sağlayacağı katkıları araştırınız ve arkadaşlarınızla paylaşınız.



Görsel 1.1.30: CMS dedektörü

CERN (Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi), en ünlü bilim araştırma merkezlerinden biridir. Dünyanın en büyük parçacık fiziği laboratuvarı olan CERN İsviçre-Fransa sınırında yer almaktadır. Bütün dünyadan gelen binlerce fizik bilim insanının çalıştığı CERN, 1954 yılında kurulmuştur. Yerin 100 metre altına inşa edilmiş, daire şeklinde bir tünele benzeyen CERN'ün çevresi yaklaşık 27 km'dir ve içinde 9300 adet mıknatıs bulunmaktadır. CERN'de bulunan Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (LHC); ATLAS, CMS (Görsel 1.1.30), ALICE ve LHC (Görsel 1.1.31) adında dört büyük deney

sistemine sahiptir. Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nda yapılan deneylerden elde edilen verilerin parçacıkları sınıflandırmaya; tanımlamaya ve ayrıca evreni, evrenin oluşumunu ve geleceğini anlamaya yardımcı olacağı düşünülmektedir.

CERN'de yapılan deneylerden elde edilen veriler ve deney sürecinde karşılaşılan sorunlara bulunan çözümler plazma fiziği, elektronik, nanobilim, bilişim teknolojisi gibi alanlarda yeni çalışmaların yapılmasında etkili olmuştur.



Görsel 1.1.31: LHC'den bir görüntü

SIRA SİZDE 11

CERN'de çeşitli ülkelerden binlerce fizikçinin bir arada çalışmasının ve yaptıkları çalışmalardan elde edilen sonuçların fizik bilimi açısından önemi hakkındaki düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.



Araştırınız

CERN'de yapılan deneylerin günlük hayatımıza kazandırdığı teknolojik uygulamaları araştırınız.

NASA (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi), Amerika'da bulunan dünyaca ünlü bilim araştırma merkezlerinden biridir. NASA, 1915 yılında NACA olarak kurulmuş daha sonra adı 1958 yılında NASA olarak değiştirilmiştir. Bu merkezde uzay çalışmaları programı yürütülmektedir.

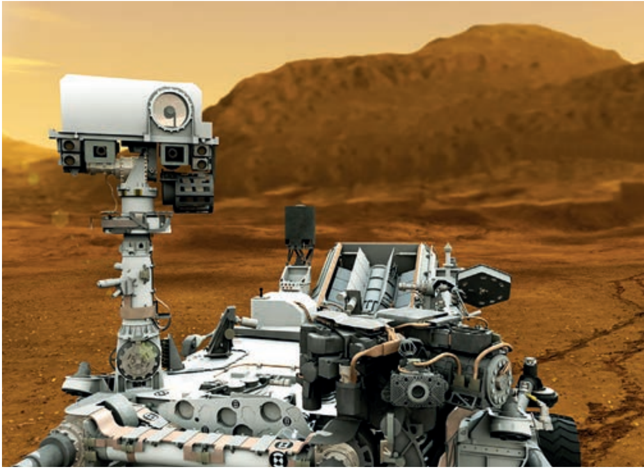
NASA kurulduğundan bu yana çok çeşitli projeler yürütmektedir. Bu projelerden biri olan Apollo Projesi kapsamında Görsel 1.1.32'de görülen Apollo 11 uzay aracı 1969 yılında Ay'a iniş yapmış ve Neil Armstrong (Neyıl Armstrong) Ay'a adım atan ilk insan unvanını almıştır.



Görsel 1.1.32: Apollo 11



Görsel 1.1.33: Skylab



Görsel 1.1.34: Curiosity keşif robotu

Skylab (sıkaylab) Projesi Amerika'nın kendine ait bağımsız uzay istasyonu projesidir. Çok ağır olan Skylab'ın parçaları 1973'te insansız olarak uzaya yollanmış ve daha sonra astronotlar tarafından bu parçalar birleştirilmiştir. (Görsel 1.1.33). Skylab 1979 yılında Dünya atmosferine girmiş ve yanarak düşmüştür. Uzaya gönderildiği tarih göz önüne alınırsa yörüngede uzun bir süre kaldığı söylenebilir.

NASA'nın 1997'de Mars'a yolladığı Pathfinder (Petfayndır) gezegen hakkında yeni bilgiler ve 17000'e yakın görüntü ile dünyaya geri döndü. Pathfinder'ın Mars'ta yaptığı incelemeler sonucunda 3 ile 4,5 milyar yıl önce çok miktarda suyun sıvı hâlde bulunduğu anlaşıldı.

Son yıllarda NASA'nın en ilgi çeken projesi, 2011 yılında Mars'a gönderdiği Curiosity (kuriyositi) adı verilen yaklaşık 900 kg ağırlığındaki bir keşif robotunun çalışmalarıdır. Curiosity (Görsel 1.1.34), Mars yüzeyine indiği tarihten bu güne araştırmalarını sürdürmekte ve dünyaya fotoğraflar göndermeye devam etmektedir. NASA'nın 21. yüzyılda gerçekleştirilmesi planlanan projeleri arasında büyük uzay istasyonları, Ay istasyonu ve Mars seferi bulunmaktadır. NASA uzay ve uzayda bulunan gök cisimleri hakkında insanlığa önemli bilgiler vermektedir.

SIRA SİZDE 12

Bilim insanları uzun süredir Mars'ta yaşam için gerekli koşulların var olup olmadığını araştırıyor. Mars'a gidiş süresinin nasıl kısaltılabileceği, barınma ve beslenmenin nasıl sağlanabileceği ve deneysel çalışmaların nasıl yürütüleceği bilim insanlarının araştırdıkları konulardan bazılarıdır. Fizik bilim insanları, araştırmalarını gerçekçi bir şekilde yürütebilmek için Dünya üzerinde Mars koşullarının oluşturulduğu alanlar da inşa etmektedirler.

a) Siz bir fizik bilim insanı olsanız bu alanlarda hangi konuları araştırmak istersiniz?
b) Araştırmak istediğiniz konu veya konular fiziğin hangi alt alanı ile ilgilidir? Gerekçeleriyle açıklayınız.



Araştırınız

NASA günlük hayatta kullanılan pek çok buluşa imza atmıştır. Bu buluşlar nelerdir? Araştırınız.

ESA (Avrupa Uzay Ajansı) (Görsel 1.1.35), Avrupa'nın uzay programını hazırlamak ve gerçekleştirmek amacıyla 1975 yılında Fransa'da kurulmuş olan uluslararası uzay araştırma ve geliştirme kuruluşudur. Kuruluşa yirmi iki ülke üyedir. Avrupa ülkelerinde astronot eğitimi, insanlı uzay uçuş çalışmaları, telekomünikasyon çalışmaları, iklim değişikliğinin takibi gibi faaliyetleri düzenleyen bilim merkezleri bulunmaktadır. Bu merkezlerde uydu ve uzay araştırmaları için teknik destek sağlayan test alanları, uzay durum bilinci programına yönelik uzay hava durumu veri merkezi, yer gözlem istasyonlarının yönetimi için çevresel verilerin bulunduğu arşiv ve Fransız Guyana'sında (Guyana) bir fırlatma üretim tesisi de yer alır.



Görsel 1.1.35: ESA logosu

ESA'da hazırlanan programlar; Evren ve Dünya hakkındaki bilgileri arttırmayı, uydu tabanlı teknolojiler geliştirmeyi ve Avrupa uzay endüstrisindeki gelişmeleri tanıtmayı amaçlar.

ESA ve NASA'nın içinde bulunduğu bir proje olan ISS (Görsel 1.1.36) uzayda kurulmuş bir bilim araştırma laboratuvarıdır. Uzay istasyonunda ağırlıksız ortamdaki sıvı davranışları incelenerek insan vücudundaki eklem ve kemik problemlerinin ve yaşlılığın önlenebilmesine yönelik araştırmalar, uzay bahçelerinde bitki yetiştirme projeleri, bakterilerin uzaydaki davranışlarına dayanan nano malzemelerin üretimi gibi çok farklı deneyler yürütülmektedir.



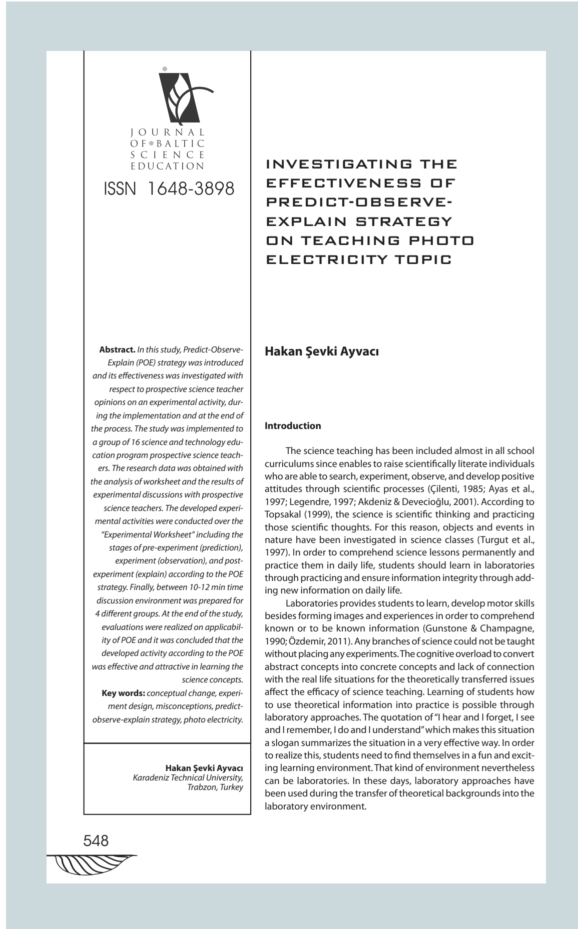
Görsel 1.1.36: Uluslararası Uzay İstasyonu

Kuyruklu yıldızlarla ilgili çalışmaları yürütmek için geliştirilen uzay aracı Rosetta (Rozetta), uzaydan Dünya'ya binlerce görüntü gönderen Hubble (Habıl) Uzay Teleskopu ve uzay araştırmaları için kullanılan Discovery (Diskavıri) uzay mekiğinin yapımı ve uzaya gönderilmesi de ESA ve NASA'nın ortak çalışmaları arasındadır.

SIRA SİZDE 13

ISS'nin Dünya çevresindeki bir turu 90 dakika sürdüğüne göre mürettebat bir günde kaç kere gün doğumu ve batımı seyrediyordur?

BİLİMSEL ARAŞTIRMALARDA ETİK İLKELERE UYMA



JOURNAL OF BALTIC SCIENCE EDUCATION
ISSN 1648-3898

INVESTIGATING THE EFFECTIVENESS OF PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN STRATEGY ON TEACHING PHOTO ELECTRICITY TOPIC

Hakan Şevki Ayvacı

Abstract. *In this study, Predict-Observe-Explain (POE) strategy was introduced and its effectiveness was investigated with respect to prospective science teacher opinions on an experimental activity, during the implementation and at the end of the process. The study was implemented to a group of 16 science and technology education program prospective science teachers. The research data was obtained with the analysis of worksheet and the results of experimental discussions with prospective science teachers. The developed experimental activities were conducted over the "Experimental Worksheet" including the stages of pre-experiment (prediction), experiment (observation), and post-experiment (explain) according to the POE strategy. Finally, between 10-12 min time discussion environment was prepared for 4 different groups. At the end of the study, evaluations were realized on applicability of POE and it was concluded that the developed activity according to the POE was effective and attractive in learning the science concepts.*

Key words: *conceptual change, experiment design, misconceptions, predict-observe-explain strategy, photo electricity.*

Hakan Şevki Ayvacı
Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey

Introduction

The science teaching has been included almost in all school curriculums since enables to raise scientifically literate individuals who are able to search, experiment, observe, and develop positive attitudes through scientific processes (Çilenti, 1985; Ayas et al., 1997; Legendre, 1997; Akdeniz & Devecioğlu, 2001). According to Topsakal (1999), the science is scientific thinking and practicing those scientific thoughts. For this reason, objects and events in nature have been investigated in science classes (Turgut et al., 1997). In order to comprehend science lessons permanently and practice them in daily life, students should learn in laboratories through practicing and ensure information integrity through adding new information on daily life.

Laboratories provides students to learn, develop motor skills besides forming images and experiences in order to comprehend known or to be known information (Gunstone & Champagne, 1990; Özdemir, 2011). Any branches of science could not be taught without placing any experiments. The cognitive overload to convert abstract concepts into concrete concepts and lack of connection with the real life situations for the theoretically transferred issues affect the efficacy of science teaching. Learning of students how to use theoretical information into practice is possible through laboratory approaches. The quotation of "I hear and I forget, I see and I remember, I do and I understand" which makes this situation a slogan summarizes the situation in a very effective way. In order to realize this, students need to find themselves in a fun and exciting learning environment. That kind of environment nevertheless can be laboratories. In these days, laboratory approaches have been used during the transfer of theoretical backgrounds into the laboratory environment.

Görsel 1.1.37: Bilimsel yayın

Tüm dünyada kabul gören ahlaki kuralların bütününe etik adı verilir. Günlük yaşantıda her geçen gün daha çok kullanılmaya başlanan etik kelimesi; kişilerin ahlâk ilkelerini, davranış biçimlerini, görevlerini ve zorunluluklarını belirleyen kurallar bütünü olarak da tanımlanmaktadır. Bilim etiği canlı yaşamına, fikir, teori ve düşünceye saygıyı, tarafsızlığı, bilimsel çalışmalarda mahremiyeti kapsar.

Etik değerlere sahip kişiler güvenilir, dürüst, saygılı, açık ve tarafsızdır. Bilim etiğine sahip araştırmacılar ise bu niteliklerin yanı sıra uydurmacı ve yanıltmacı olmayan, intihal yapmayan, sözde yazarlık yapmayan yani kendisini yer almadığı bir çalışmada varmış gibi göstermeyen, çalışmada yer alan diğer kişileri yok saymayan kişilerdir.

Bilimsel yayınlarda ve kitaplarda (Görsel 1.1.37) gerçek olmayan veri ve sonuçları ortaya koymak, verilerde değişiklik yapmak bilimsel çalışmanın güvenilirliğini yok eder. Başka bir çalışmadan yapılan alıntıların bildirilmemesi, intihal olarak adlandırılmaktadır. İntihal yasal anlamda suç sayılmakla birlikte, kişisel haklara ciddi bir saldırıdır. Yapılmayan bir çalışmada kişinin isminin geçmesi, çalışmanın gerçek sahiplerine yapılacak büyük haksızlıklardan yalnızca birisidir. Öte yandan çalışmayı yapan bir ekip varsa ve ekibin diğer elemanlarının adları çalışmada yer almıyorsa bilimsel etik değerler çiğnenmiş olur.

Bilimsel çalışmalara katılan denekler (insan veya hayvan) için etik olarak kabul edilir amaçların ve bu amaçlara ulaşmak için uygun yöntemlerin seçilmesi gerekir. Günümüzde bilimsel çalışmalara katılan deneklerin haklarını korumaya yönelik yasal tedbirler bulunmaktadır.

SIRA SİZDE 14

Fizik dersinde hazırlanacak olan bir proje çalışmasında uyulması gereken etik kurallar nelerdir?

Soruların doğru seçeneğini işaretleyiniz.

1.

I. Ses	IV. Biyografi
II. Makale	V. Perspektif
III. Renk	VI. Figür

Verilen kavramlardan hangileri fizik ile ilişkilidir?

A) Yalnız I B) V ve VI C) I, II ve III D) I, III ve V E) II, IV ve VI

2.

I. Yazar toplumsal değerlerin nasıl korunacağına dair etkileyici bir makale yazdı.
II. Mavi led ışığı elde edilirken yapılan çalışmalarla ilgili yazılan makale çok ilgi gördü.
III. Araştırmacı öğrenciler laboratuvarda göze gelen ışığın şiddetini ayarlayabilen bir gözlük üzerinde çalışıyordu.
IV. NASA'nın 2018'de uzaya göndermeyi planladığı James Webb (Ceyms Veb) adlı uzay teleskobunun Hubble'dan daha etkili görüntüler sunacağı açıklandı.

Verilen cümlelerden hangileri fiziğin alt dallarından olan optik ile ilgilidir?

A) Yalnız I B) Yalnız IV C) I, II ve III D) I, II ve IV E) II, III ve IV

3.

I. Zaman
II. Kuvvet
III. Sıcaklık
IV. Hız
V. Kütle

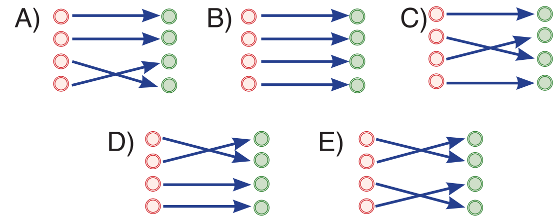
Verilen fiziksel niceliklerden hangileri vektörel büyüklüktür?

A) I ve IV B) II ve III C) II ve IV D) II, III ve IV E) I, III ve V

4. Bazı fiziksel nicelikler ve bu niceliklere ait SI birimleri karışık verilmiştir.

Kütle	Metre
Uzunluk	Kilogram
Hız	Metre/saniye
Kuvvet	Newton

Verilen fiziksel büyüklükler oklar yardımıyla SI'daki birimleriyle eşleştirildiğinde aşağıdaki şekillerden hangisi oluşur?



5.

I. Akıllı telefon	III. Güneş pili
II. Uydular	IV. PET-CT

Verilen araçlardan hangileri katıhal fiziğinin uygulama alanında yer alır?

A) Yalnız I B) I ve III C) III ve IV D) I, II ve III E) I, II, III ve IV

6. Verilen durumlardan hangisi fiziğin alt dallarından birinin konusu olamaz?

A) Barajlarda kurulan santrallerden elektrik elde edilmesi
B) Parçacık hızlandırıcılarda atom altı parçacıkların davranışlarının gözlenmesi
C) Nükleer reaktörlerden elektrik enerjisi üretilmesi
D) Sütün mayalanması
E) Gezegen hareketlerinin gözlenmesi

7. Verilen durumlardan hangisi nükleer fiziğin incelediği konular arasındadır?

A) Atomlarda elektron dizilimi
B) Moleküller arasındaki çekim kuvveti
C) Hidrojen atomunun helyuma dönüşmesi
D) Lazer ile ince kesimlerin hassas yapılabilmesi
E) Bina yapılırken kule vinç kullanılması

8. Fizik bilimi ile ilgili

I. Önceleri doğa felsefesi içinde incelenen bir doğa bilimidir.
II. Değişmez ve kesin kanunları olan bir bilim dalıdır.
III. Madde ve enerji etkileşimlerini inceleyen bilim dalıdır.

tanımlamalarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III
D) II ve III E) I, II ve III

9.

kg	s^{-1}	K
m	m/s	s

Tabloda türetilmiş büyüklüklere ait birimlerin olduğu kutucuklar mavi renge boyandığında oluşan şekil hangisidir?

A)

kg	**s^{-1}**	K
m	**m/s**	s

B)

kg	s^{-1}	K
m	m/s	s

C)

kg	s^{-1}	**K**
m	m/s	**s**

D)

kg	**s^{-1}**	**K**
m	**m/s**	**s**

E)

kg	s^{-1}	**K**
m	m/s	**s**

10. Verilen büyüklüklerden hangisi vektöreldir?

A) Hız B) Kütle C) Zaman
D) Basınç E) Sıcaklık

11. Tabloda fizik bilimine ait Ohm Kanunu'nun biyoloji ve kimyada kullanımı ile ilgili örnekler verilmiştir.

FİZİK KANUNLARI	BİYOLOJİ	KİMYA
Ohm Kanunu	Manyetik Rezonans (MR) cihazlarının tıpta kullanılması ile hastalıkların teşhisi	Lityum iyon pillerinin alkali pillerden daha dayanıklı olması nedeniyle cep telefonu, bilgisayar, şarjlı piller gibi cihazların ömrünün uzaması
Işığın Kırılma Kanunları	X	Y

Buna göre Işığın Kırılma Kanunları'nın biyoloji ve kimyada kullanımı ile ilgili örnekler hangisi olabilir?

	X	Y
A)	Atmosferin canlılarla etkileşimi	Tepkime hızının ölçümü
B)	Göz kusurlarında uygun gözlük kullanımı	Işık kullanılarak molekül yapılarının belirlenmesi
C)	Fotosentez olayı	Elementlerin dizilimi
D)	Bitkilerde kökten yapraklara suyun taşınması	Maddelerin dayanıklılığı
E)	Hücre bölünmesinin gerçekleşmesi	Atom çekirdeğinin yapısı

12. Fizik bilimi ile ilgili olarak yapılan

I. Doğada gerçekleşen olaylar bilimsel düşünce ile açıklanır.
II. Yapılan çalışmaların sonucu diğer disiplinlere de yansır.
III. Gözlem ve deneye dayalı bir bilimdir.

açıklamalardan hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve III
D) II ve III E) I, II ve III

13. Bilim etiğine göre bir bilim insanında

I. Belirli bir grubun çıkarı için araştırma sonuçlarını değiştirmek
II. Kendisine ait olmayan çalışmaları kendi adıyla yayınlamak
III. Başkalarının emeğine saygı göstermek

özelliklerinden hangileri bulunmalıdır?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) II ve III E) I, II ve III

14. Bilim araştırma merkezlerinde yapılan

I. Mars'a seyahat
II. Yarı iletken teknolojisi
III. Kanser tedavisi için akıllı ilaç
IV. Yapay zeka

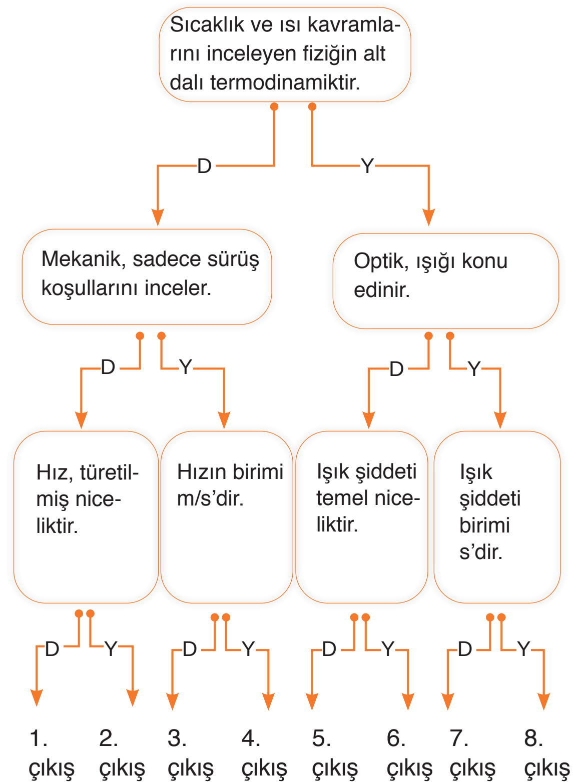
çalışma konularından hangileri fizik bilimine katkı sağlar?

A) Yalnız I B) II ve III C) III ve IV
D) I, II ve IV E) I, II, III ve IV

15. Fizik bilimi diğer disiplinlerle ilişkilidir.
Buna göre verilen fiziksel olaylar ile ilgili disiplin eşleştirmelerinden hangisi <u>yanlıştır</u>?

A) Paraşüt kumaşının dayanıklılığı---Spor
B) Ay'ın yörüngede dolanımı---Kimya
C) Zaman kavramının göreceli oluşu---Felsefe
D) Teknolojideki hızlı gelişim---Mühendislik
E) Yer yüzeyinin dalgalı hareketleri---Coğrafya

16. Fizik konusuyla ilgili ifadelerin herbirini doğru (D) ya da yanlış (Y) olarak değerlendirip ilgili ok yönünde ilerlenildiğinde hangi çıkışa ulaşılır?



1. ÜNİTE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Soruların cevabını ilgili alana yazınız.

17. "Hava sıcaklığının 298 K olarak ölçüldüğü bir gün okul bahçesinde uzunluğu 90 cm olan bir bankta öğrenciler oturmuş, dersleri hakkında konuşuyorlardı. Fizik dersinde, kütlesi 50 kg olan bir öğrencinin yere 500 N'lık bir kuvvet, 60 kg olan bir öğrencinin de 600 N'lık bir kuvvet uyguladığını öğrenmişlerdi."

Paragrafta geçen skaler ve vektörel büyüklükler nelerdir?

....

18. Fizik biliminde yapılan çalışmaların günlük hayatımıza etkisini örneklerle açıklayınız.

....

19. Bilim araştırma merkezlerinin fizik bilimine katkısını örneklerle açıklayınız.

....

20. Fizik biliminde fiziksel niceliklerin sınıflandırılmasını yaparak örnekler veriniz.

....

21. Evrendeki olayların anlaşılmasında fizik biliminin önemini açıklayınız.

....

22. Skaler ve vektörel niceliklerde toplama işlemine yönelik günlük hayat örnekleri veriniz.

....

23. Fizik biliminin gelecekte daha farklı alt dallara ayrılması mümkün müdür? Sebebini açıklayınız.

....

24. Bilimsel araştırmalardaki etik ilkelere uymak neden önemlidir?

....

25. I. Bisikletle okula 10 m/s süratle gitti.
II. Yere 200 N'lık kuvvet uyguladı.
III. Bir ders saati 2400 saniye sürdü.
IV. Kapının boyu 2,20 m olarak ölçüldü.
V. Rüzgâr kuzeyden güneye doğru 60 km/h'lik hızla esiyordu.

Cümlelerinde verilen nicelikleri

a) Temel ve türetilmiş büyüklük olarak sınıflandırınız.

....

b) Skaler ve vektörel büyüklük olarak sınıflandırınız.

....

26. Tabloda verilen birimlerin temsil ettiği büyüklükleri temel ve türetilmiş büyüklük olarak sınıflandırınız.

m/s	kg	m	cd	N	°C	J

....

27 ve 28. soruları verilen metne göre cevaplandırınız.

Bir araç 90 km/h hızla doğuya doğru giderken, kırmızı trafik ışığını görüp frene basıyor. Işığa kadar 62,5 metre yol alarak 5 saniyede duruyor.

27. Temel ve türetilmiş büyüklükler nelerdir?

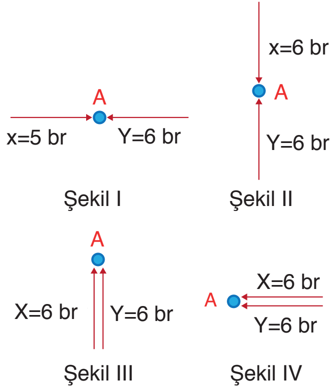
....

28. Skaler ve vektörel büyüklükler nelerdir?

....

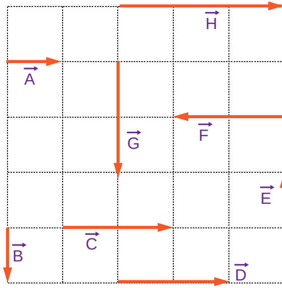
Soruları cevaplayınız.

29. Aynı doğrultudaki $\vec{X}$ ve $\vec{Y}$ vektörleri A noktasına şekillerdeki gibi etki ediyor.



Buna göre, her şekil için toplam vektör kaç birimdir?

30.



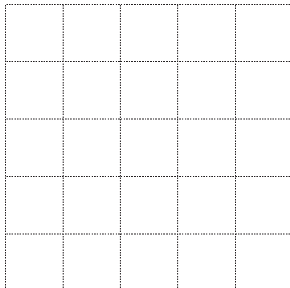
Verilen vektörleri kullanarak aşağıdaki vektörel işlemleri yapınız. Sonuçları verilen birim kareler üzerinde çizerek gösteriniz.

a) $\vec{A} + \vec{C} + \vec{D} = ?$

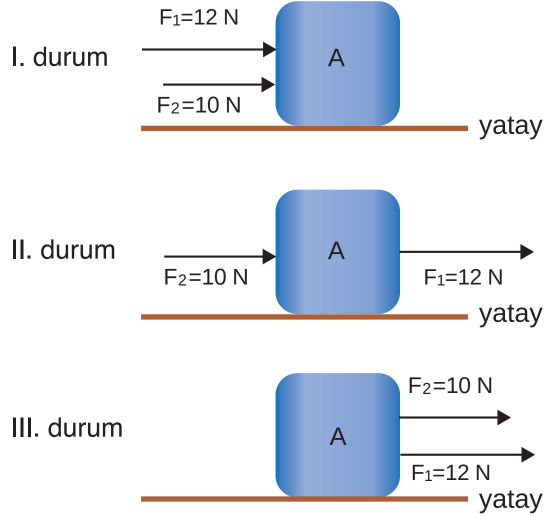
b) $\vec{H} + \vec{F} + \vec{D} + \vec{A} = ?$

c) $\vec{E} + \vec{G} = ?$

d) $\vec{E} + \vec{B} + \vec{G} = ?$



31. Yatay yola paralel $\vec{F}_1$ ve $\vec{F}_2$ kuvvetleri A cismine üç farklı durumda uygulanıyor.



Buna göre her durum için uygulanan bileşke kuvvetin büyüklüğünü hesaplayıp A cisminin hareket yönünü çizerek gösteriniz.

32-34 arasındaki soruları verilen metne göre cevaplandırınız.

Canan yeni aldığı otomobili ile Ankara'dan İstanbul'a gidiyordu. Otomobilinin farları, park lambası, dikiz aynası, fren ve klima sistemi ile döşemeleri son teknolojiye uygun üretilmişti.

32. Otomobilin verilen özellikleri fiziğin hangi alt dallarıyla ilgilidir?

....

33. Verilen özellikler dışında otomobilde bulunabilecek üç özellik daha belirleyiniz. Bu özelliklerin fiziğin hangi alt dalları ile ilişkili olduğunu belirtiniz.

....

34. Canan seyahati sırasında döşemeye dökülen yiyeceklerin leke yapmadığını fark eder. **Döşemelerin leke tutmaması fiziğin hangi alt dalıyla ilişkilidir?**

A) Elektrik
B) Optik
C) Katıhal fiziği
D) Mekanik
E) Nükleer fizik



2. ÜNİTE

MADDE VE ÖZELLİKLERİ

ÜNİTENİN BÖLÜMLERİ

2.1 MADDE VE ÖZKÜTLE
2.2 DAYANIKLILIK
2.3 ADEZYON VE KOHEZYON

"Dünyada her şey için; maddiyat için, maneviyat için, hayat için, muvaffakiyet için en hakiki yol gösterici ilimdir, fendir."

Mustafa Kemal ATATÜRK



Maddenin kökeni, yapısı ve özellikleri eski çağlardan itibaren merak konusu olmuştur. Doğada bulunan her şeyin temelinde yatan unsurun ne olduğu sorusuna cevap aranmış, açıklamalar yapılmıştır. Batı felsefesinin ilk filozoflarından olan Thales (Tales) yaptığı gözlemlere dayanarak Teorik Su İlkesi adını verdiği bir teori geliştirmiştir. Thales'in su ilkesine göre kâinatta bulunan her şeyin özü sudur. Canlılar suyla hayat bulmakta, yeryüzü suyun üzerinde tıpkı bir tahta parçasının su üzerinde yüzmesi gibi yüzmektedir.

Doğayı anlama sürecinde su ilkesi gibi ilgi gören bir diğer düşünce ise "dört element kavramı"dır. Bu görüş doğada bulunan her nesnenin toprak, su, hava ve ateş elementlerinden oluştuğunu ifade eder. Nesnelerin farklılıkları ise dört elementin oranlarının her nesne için farklı olmasıyla açıklanmıştır. Aristo (Aristo) bu dört elemente, gökte var olduğunu iddia ettiği "ether"i de eklemiştir.

Bilim dünyasındaki gelişmeler, Thales'in "Maddenin kökeni nedir?" sorusuna ve daha birçok soruya cevap verilmesini sağlamıştır. Günümüzde havanın, suyun, toprağın ve ateşin element olmadığı, nesnelerin bunlardan oluşmadığı ve daha fazlası bilinmektedir. Bilim insanları, maddeyi ve maddenin özünü araştırıken, maddeyi anlamanın yanında insanlığın geleceğini şekillendirecek maddelerin keşfine odaklanmışlardır. Narin ve şeffaf yapısından dolayı "donmuş duman" olarak da adlandırılan aerojeller keşfedilen bu maddelerden biridir. Aeorojel ismi bir sıvıyı çağrıştırsa da silikon esaslı, gözenekli, sünger benzeri bir yapıya sahip olan ve hacminin yüzde 99,8'i boş olan bir katıdır. Dünya'nın en hafif (havadan daha hafif) katı maddesi olan aerojeller, 2011 yılında 15 ayrı kategoride Guiness (Gines) Rekorlar Kitabı'na girmiştir. Emici özelliği, ateşe dayanıklılığı; ısı, ışın ve elektrik yalıtımı gibi özellikleri sayesinde uzayda dolaşan toz zerreciklerinin toplamasında, denizdeki petrol sızıntılarının temizlenmesinde, uzay gemilerinin ve binaların yalıtımında, itfaiyecilerin, Mars'a gönderilecek astronotların kıyafetlerinde ve zırhlı araçlar gibi pek çok yerde kullanılmaktadır. Çevre dostu olan aerojellerin yakın bir gelecekte, tenis raketinden dizüstü bilgisayarlara, elektronik uçak kontrol mekanizmalarından araba tamponlarına kadar pek çok malzemenin yapımında kullanılması planlanmaktadır.

2.1 MADDE VE ÖZKÜTLE

Bu Bölümde Öğrenilecek Anahtar Kavramlar

Kütle
Hacim
Özkütle



Archimedes'in (Arşimet), Kral Hiero'nun (Hiero) altın tacının saflığını, özkütle hesabıyla bulduğu rivayet edilir. Siracusa (Siraküza) Kralı Hiero söylentilerden etkilenerek tacının saf altın olmadığı şüphesine kapılır. Archimedes'ten gerçeği bulmasını ister. Bu konuya yoğunlaşan Archimedes suya daldırılan bir cismin hacminin, yapısal biçimi ne olursa olsun, taşırdığı suyun hacmi ile belirlenebileceğini keşfeder. Tamamen su dolu kaplarda suya batan cismin hacmi kadar su taşırmasından yola çıkarak tacın özkütlesini hesaplar. Sonuç olarak tacın yapımında altından daha düşük yoğunlukta bir metal kullanıldığını fark eder. Bu işlemleri yaparken Archimedes, büyük buluşlardan biri olan suyun kaldırma kuvvetini bulur.

Buz dağları su üzerinde batmadan nasıl durmaktadır?
LPG (Likit Petrol Gazı) neden litre cinsinden satın alınırken bal, pekmez gibi sıvılar kilogram ile alınır?
Altın bir eşyanın saflığı nasıl anlaşılır?

Bu soruların ve konuyla ilgili akla gelebilecek diğer soruların cevaplarına ünitenin bu bölümünde yer verilecektir. Özkütle, kütle ve hacimle ilişkilendirilerek açıklanacak, günlük hayatta saf maddelerin ve karışımların özkütlelerinden faydalanılan durumlara örnekler verilecektir.

2.1.1 KÜTLE

Canlı ve cansız bütün maddelerin yapı taşı atomlardır. Atomlar birleşerek molekülleri, atomlar ve moleküller bir araya gelerek maddeyi oluşturur. Kütlesi, eylemsizliği olan ve uzayda bir yer kaplayan tanecikli yapılara **madde** denir.

Maddelerin ortak özelliklerinden biri olan **kütle**, parçacık ya da nesneyi oluşturan madde miktarının ölçüsüdür. Maddenin kütlesi üzerine uygulanan herhangi bir kuvvetle, parçalanma gibi değişimler hariç, bulunduğu ortamın sıcaklık ve basınç gibi şartlarına göre değişmez. Bu sebeple maddenin kütlesi "değişmeyen madde miktarı" olarak da ifade edilebilir.

Kütle, maddeyi oluşturan atomlara bağlı bir niceliktir. Kütle m harfi ile gösterilir ve SI'daki birimi kilogramdır (kg). 1 atm basınç, +4 °C sıcaklıkta 1 dm^3 saf suyun kütlesi 1 kg olarak tanımlanmıştır. Standart kilogram değeri, 1889 yılında platinyum ve iridyum alaşımından yapılan bir silindirin (Görsel 2.1.1) kütlesi olarak kabul edilmiştir. Standart kütle, Paris yakınlarındaki Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Bürosunda muhafaza edilmektedir.

9. sınıf Fizik Dersi'nde kullanılacak bazı kütle birimleri ve aralarındaki ilişki Tablo 2.1.1'de verilmiştir.



Görsel 2.1.1: Standart kütle

Tablo 2.1.1: Kütle birimleri

Kütle Birimleri	Birim Sembolü	Birimler Arası Dönüşüm
Ton	t	1 t = 10^3 kg
Kilogram	kg	1 kg
Gram	g	1 g = 10^{-3} kg
Miligram	mg	1 mg = 10^{-6} kg

Meraklısına Bilgi

Eski zamanlarda keçiboynuzu tohumlarının dört tanesinin 1 dirhem olarak belirlenmesi ve satıcıların, satın alan itibarlı kişilere jest olarak teraziye fazladan bir çekirdek koymalarıyla "iki dirhem bir çekirdek" tabiri kullanılmaya başlanmıştır.

II. Mahmut döneminde bastırılan ilk altın paralar halkın çok hoşuna gider. Halk bu paralardan gerdanlık yaptırıp onları takı olarak takar. Bu gerdanlıkların gram olarak değeri iki dirhem bir çekirdeğe denk gelir.

ÖRNEK SORU

Aşağıda verilen kütle birimleri arasındaki birim çevirme işlemlerini yaparak boşlukları doldurunuz.

a) 0,4 kg = ...mg
b) 3 t = ...kg
c) 300 mg = ... g
ç) 200 g = ...kg

ÇÖZÜM

a) 1 kg — 10^6 mg
0,4kg — x

x=0,4.10^6=4.10^5 mg

b) 1 t — 1000 kg
3 t — x

x=3000 kg

c) 1 mg — 10^{-3} g
300 mg — x

x=300.10^{-3}=0,3 g

ç) 1 g — 10^{-3} kg
200 g — x

x=200.10^{-3}=2.10^{-1} kg

SIRA SİZDE 1

Aşağıda verilen kütle birimleri arasındaki birim çevirme işlemlerini yaparak boşlukları doldurunuz.

a) 0,5 kg = ... g
b) 80 t = ... g
c) 700 mg = ... kg
ç) 5600 kg = ... t
d) 10 g = ... kg
e) 90 g = ... mg
f) 6.10^3 g = ... t
g) 4000 mg = ... g
h) 5.10^3 kg = ... mg

SIRA SİZDE 2

Tablodaki boşlukları örneğe göre tamamlayınız.

	mg	g	kg	t
Örnek	5.10^6	5000	5	5.10^{-3}
	14.10^3			
				30
		0,85		

Meraklısına Bilgi



Eskiden altın ve değerli taşların alım satımlarında gram yerine keçiboynuzu meyvesinin çekirdekleri kullanılırdı. Bu çekirdekler karat olarak adlandırılmaktaydı. Karat kelimesi, keçiboynuzu meyvesinin Latince adı olan “keration”dan gelmektedir. Kütle birimi olan karat 0,2 grama eşittir.

Dünyanın en büyük ve en değerli elmaslarından biri olan Kaşıkçı elması 86 karattır ve İstanbul’da Topkapı Sarayı’nda sergilenmektedir.

Kuyumculukta altının saflığı karat ya da ayar terimleriyle anlatılır. Ülkemizde altının saflığı anlatılırken ayar terimi (22 ayar, 18 ayar, 14 ayar gibi) kullanılmaktadır.

Kütle ölçümü için eşit kollu terazi (Görsel 2.1.2), elektronik terazi, baskül, kantar gibi ölçüm aletleri kullanılır. Ölçüm yapılırken terazinin bir kefesine kütlesi bilinmeyen bir cisim, diğer kefesine de gram (standart kütle) konulur.



Görsel 2.1.2: Eşit kollu terazi

Sıvılar içine konuldukları kapla birlikte tartıldığı için önce boş kabın kütlesi ölçülmelidir. Boş kabın kütlesine **dara**, sıvı ve kabın toplam kütlesine de **bürüt kütle** denir. Bürüt kütle ile kabın darası arasındaki fark sıvının **net kütlesini** verir. Bal, tahin, pekmez gibi akışkanlığı az olan sıvı maddeler kütlesine göre satılır.

Gazlar da bulundukları kapla birlikte tartıldığı için kütleleri sıvılar gibi ölçülür.

2.1.2 HACİM

Kitaplık düzenlenirken, eşyalar yerleştirilirken, bardağa su boşaltılırken, LPG ile çalışan bir aracın deposu doldurulurken göz önünde bulundurulması gereken unsurlardan biri bu maddelerin kapladıkları yerdir.

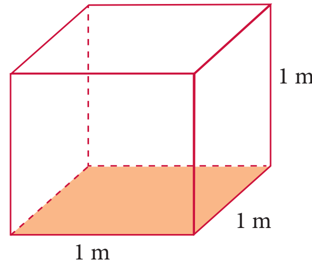
Maddelerin uzayda kapladığı yere **hacim** denir. Sembolü V olan hacmin SI'daki birimi metreküptür (m^3).

Hacim maddelerin ortak özelliklerinden biridir. Katıların belli bir şekli ve hacmi vardır. Sıvı maddelerin belirli bir hacimleri olmasına rağmen belirli bir şekilleri yoktur, konuldukları kabın doldurulduğu kadarlık kısmının şeklini alır. Gazlar bulundukları kapalı kabın hacmini ve şeklini alır.

HACİM BİRİMLERİ

Farklı boyutlarda maddelerin olması, çeşitli hacim birimlerinin kullanılmasını gerektirmiştir. Örneğin bir yağmur damlasının hacmi ile grostonluk gemilerin yük kapasitesinin hacminin aynı birimle ifade edilmesi pratik bir kullanım olmaz. Bu yüzden farklı büyüklükteki hacim değerleri için farklı birimler tercih edilebilir.

Günlük hayatta sıkça kullanılan m^3 hacim birimi, bir kenarının uzunluğu 1 m olan küpün hacminden (Şekil 2.1.1) gelmektedir. Kenar uzunlukları 1 metre olan küpün hacmine **birim hacim** denir. Bir maddenin hacmi metreküp olarak söylendiğinde bu maddenin içinde hacmi 1 m^3 olan küplerden kaç tane küp olduğu ifade edilmiş olur.



Şekil 2.1.1: Küp

Meraklısına Bilgi



Groston, gemilerde tüm kapalı bölgelerin hacmi için kullanılan hacim birimidir. Groston kelime olarak kütle birimini çağrıştırsa da genel olarak gemilerin hacmi için kullanılır.

1. Metreküp Cinsinden Hacim Birimleri

Metreküp, SI birim sisteminde katı cisimlerin hacimlerinin ölçümünde kullanılan temel ölçü birimidir. Cisimlerin hacimleri boyutlarına bağlı olarak farklı birimlerle ifade edilebilir. Buna göre hacim birimlerinin metreküp cinsinden karşılığı Tablo 2.1.2'de verilmiştir.

Tablo 2.1.2: Metreküp cinsinden hacim birimleri

Birim	Birim Sembolü	Birimler Arasındaki Dönüşüm
Metreküp	m^3	1 m^3
Desimetreküp	dm^3	1 $dm^3 = 10^{-3}$ m^3
Santimetreküp	cm^3	1 $cm^3 = 10^{-6}$ m^3

2. Litre Cinsinden Hacim Birimleri

Litre, genellikle sıvı ve gazların hacim ölçümünde kullanılan ölçü birimidir. Örneğin su, sirke, benzin, doğal gaz, sıvı deterjan, LPG gibi sıvı ve gazların hacim birimi litredir. Doğal gaz ve LPG sıvılaştırılmış gaz olduğu için hacmi litre olarak ölçülür.

Litre (L) ile dm^3 ve cm^3 arasındaki ilişki aşağıda verilmiştir.

$1dm^3$ =1 litre

$1cm^3$ =1 mililitre

Laboratuvar ortamında küçük miktarda sıvılarla çalışılırken mililitre, santilitre ve desilitre de kullanılabilir. Sembolü L olan litre SI birim sisteminde yer almadığı hâlde metreküp kadar kabul gören bir hacim birimidir. Litre cinsinden hacim birimleri Tablo 2.1.3'te verilmiştir.

Tablo 2.1.3: Litre cinsinden hacim birimleri

Birim	Birim Sembolü	Birimler Arasındaki Dönüşüm
Litre	L	1 L
Mililitre	mL	1 mL=10^{-3} L

ÖRNEK SORU

Aşağıda verilen hacim birimleri arasındaki birim çevirme işlemlerini yaparak boşlukları doldurunuz.

a) 6 m^3= .... dm^3
b) 15 m^3= L
c) 700 m^3= .... cm^3
ç) 0,2 dm^3=................. mL

ÇÖZÜM

a) 1 m^3 1000 dm^3
6 m^3 x

x=6.1000 =6000 dm^3

c)1 m^3 1000000 cm^3
700 m^3 x

x=700.1000000
x=7.10^8 cm^3

b) 1 m^3 1000 L
15 m^3 x

x=15.1000=15000 L

ç) 1 dm^3 1000 mL
0,2 dm^3 x

x=2.10^2 mL

SIRA SİZDE 3

Aşağıda verilen hacim birimleri arasındaki birim çevirme işlemlerini yaparak boşlukları doldurunuz.

a) 0,08 dm^3= .... m^3
b) 2 dm^3= .... cm^3
c) 3 cm^3 = ... m^3
ç) 8.10^6 cm^3=................... dm^3
d) 1200 mL= L
e) 100 L= .... mL

SIRA SİZDE 4

Aşağıda verilen hacim birimleri arasındaki birim çevirme işlemlerini yaparak boşlukları doldurunuz.

a) 0,1 m^3 = ... mL
b) 7.10^{-5} dm^3= L
c) 0,1 cm^3 = ... mL
ç) 500 cm^3=........ L
d) 250 mL= .... m^3

HACİM ÖLÇÜMÜ

Bir binanın inşaatına başlamadan önce mühendisler kullanacakları malzemelerin miktarını belirlemek zorundadır. Kullanılacak yapı malzemelerinin miktarları binanın boyutlarına göre belirlenir. Benzer şekilde mandıralarda üretilecek peynir, kaymak gibi süt ürünlerinde kaç litre süt kullanılacağı ve ne kadar ürün elde edileceği önceden belirlenir.

Hacim, farklı yöntemlerle ölçülebilen ve hesaplamalarla bulunabilen bir niceliktir. Hacim ölçümünde kullanılacak yöntem maddenin fiziksel hâline göre değişiklik gösterebilir.

1. Düzgün Geometrik Şekli Olan Katıların Hacminin Bulunması

Düzgün geometrik şekle sahip katı cisimlerin hacmi, cismin geometrik şekline bağlı olarak hesaplanır. Tablo 2.1.4'te düzgün geometrik şekli olan bazı katı cisimlerin şekli ve hacim formülleri verilmiştir.

Tablo 2.1.4: Bazı düzgün geometrik şekilli katı cisimlerin hacim formülleri

	ŞEKİL	ELEMANLAR	HACİM FORMÜLÜ
KÜP	a, a, a	a= Kenar uzunluğu	$V=a^3$
DİKDÖRTGENLER PRİZMASI	a, b, c	a= Kenar uzunluğu b= Kenar uzunluğu c= Kenar uzunluğu	V=a.b.c
SİLİNDİR	h, r	r= Taban yarıçapı h= Yükseklik	$V=\pi.r^2h$
KÜRE	r	r= Yarıçap	$V=\frac{4}{3}\pi.r^3$

ÖRNEK SORU

Bir kenarının uzunluğu 10 cm, yüksekliği 30 cm olan kare prizma şeklindeki bir kabın içi su ile tam doludur. Bu kaba yarıçapı 2 cm olan içi dolu, küre şeklindeki beş cisim bırakıldığında
a) Kaptan kaç cm^3 su taşar?
b) Kap içerisinde kaç cm^3 su kalır?
(π=3 alınız.)

ÇÖZÜM

Taban kenar uzunluğu a ve yükseklik h olmak üzere kare prizmanın hacmi
V=a.a.h matematiksel modelinden
V=10.10.30=3000 cm^3 olarak bulunur.
Küre şeklindeki bir cismin hacmi ise r yarıçap olmak üzere

$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$ matematiksel modelinden

$V_{küre} = \frac{4}{3} \cdot 3 \cdot 2^2 = 32\ cm^3$ olarak bulunur.

Beş kürenin toplam hacmi ise
$V_{küreler}$=5.32=160 cm^3 olur.

a) Cisimler kare prizma şeklindeki kap içine bırakıldığında kaptan kürelerin toplam hacmi kadar su taşar. Buna göre
$V_{taşan\ su}$= 160 cm^3 tür.

b) Kap içinde kalan su
$V_{kalan\ su} = V_{kap} - V_{küreler}$
$V_{kalan\ su}$=3000-160
$V_{kalan\ su}$=2840 cm^3 olur.

ÖRNEK SORU

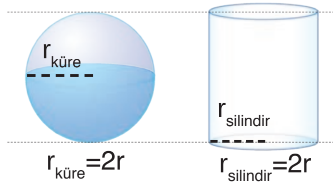
Bir fırıncı ekmek yapımı için kenar uzunlukları 30 cm, 20 cm ve 50 cm olan dikdörtgenler prizması şeklindeki kabı tamamen doldura-cak kadar hamur hazırlıyor.
Fırıncı elindeki hamurdan her birinin yarıçapı 5 cm olan küre şeklinde parçalar alarak kaç tane ekmek pişirebilir? (Hamurun mayalanma sürecinde gerçekleşecek hacim değişimleri ihmâl edilmiştir, π=3 alınız.)

ÇÖZÜM

Hamurun hacmi kabı tamamen doldurduğundan kabın hacmine eşittir.
$V_{kap} = V_{hamur}$=a.b.c=30.20.50=30000 cm^3 tür.
Alınan parçalardan bir tanesinin hacmi kürenin hacim formülü ile hesaplanır.
$V_{beze} = 4/3\ \pi r^3 = 4/3.3.5^3 = 4.125 = 500\ cm^3$
N ekmek sayısı olmak üzere
N.500=30000
N=30000/500=60 tane ekmek pişirilebilir.

SIRA SİZDE 5

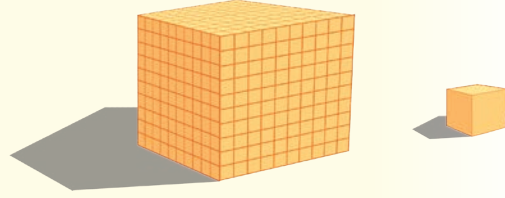
Şekilde verilen küre şeklindeki kap yarısına kadar su doludur.
Kürenin içindeki su silindir şeklindeki kaba boşaltılırsa silindirdeki suyun yüksekliği kaç r olur? (π=3 alınız.)



ÖRNEK SORU

Bir kenarı 1 dm olan büyük bir küp oluşturmak için kenarı 1 cm olan küçük yapboz küplerinden kaç tane kullanılmalıdır?

ÇÖZÜM

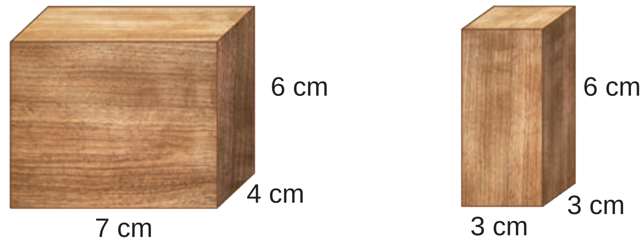


Büyük küp için a =1 dm
Küçük küp için a' =1 cm

Çözümde desimetre ve santimetre birimlerinin aynı anda kullanılması hataya sebep olur. Bu nedenle birim dönüşümü yapılmalı ve tek bir birim kullanılmalıdır.

$a_{b.\ küp}$=1 dm=10 cm
ve küpün hacmi
$V_{küp}$ =a.a.a=a^3
eşitliklerinden büyük küpün hacmi V_B, küçük küpün hacmi V_K olmak üzere
V_K=1.1.1= 1 cm^3
V_B=10.10.10=10^3 cm^3 olarak bulunur.
$\frac{V_B}{V_K}$ işlemi yapılarak kaç tane küçük küp kullanılacağı hesaplanır. Buna göre
$\frac{V_B}{V_K} = \frac{10^3}{1} = 10^3$ olur. Yani bin tane yapboz parçası kullanılmalıdır.

SIRA SİZDE 6



Boyutları 7 cm, 4 cm ve 6 cm olan dikdörtgenler prizması şeklindeki tahta bloktan taban kenarı 3 cm, yüksekliği 6 cm olan kare prizma çıkartılıyor.
Buna göre kalan cismin hacmi kaç m^3tür?

Meraklısına Bilgi



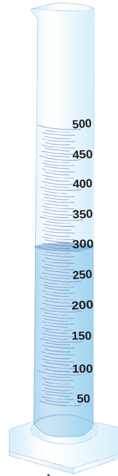
Normal solunum hareketi ile akciğerlere alınan veya akciğerlerden çıkarılan hava miktarına soluk hacmi denir. Spirometre veya diğer adıyla spirometri cihazı ile akciğerlere girip çıkan hava ile akciğer hacim ve kapasiteleri kolaylıkla belirlenir. Normal solunum hareketi ile sağlıklı yetişkinlerde akciğerlere alınan veya akciğerlerden çıkarılan hava hacmi 500 mL'dir. Bu değer yarım litre değerindeki süt kutusunun hacmine eşittir.

2. Düzgün Geometrik Şekli Olmayan Katı Bir Cismin Hacminin Bulunması

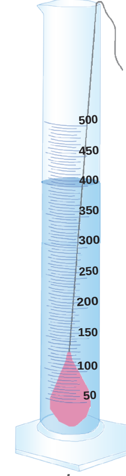
Düzgün geometrik şekli olmayan katı bir cismin hacmini ölçmek için sıvılardan yararlanılabilir. Ölçüm için dereceli silindir veya taşırma kapları kullanılır.

Katı cisim içinde çözünmediği, kendisinden düşük yoğunluklu sıvıya bırakıldığında tamamı sıvıya battığında hacmi kadar sıvının yer değiştirmesine neden olur.

Dereceli silindire belli bir miktar sıvı konur (Şekil 2.1.2 a). Daha sonra hacmi ölçülecek cisim tamamı sıvı içinde kalacak şekilde dereceli silindirdeki sıvının içine bırakılır (Şekil 2.1.2 b). Sıvının son yüksekliği tekrar okunur. Her iki değer arasındaki fark, bırakılan cismin hacmini verir (İpin hacmi ihmal edilecek kadar küçüktür.). Şekil 2.1.2 a'daki dereceli silindirde 300 mL sıvı varken Şekil 2.1.2 b'deki sıvı yüksekliği 400 mL olmuştur. Bu iki değer arasındaki 100 mL'lik fark, sıvı içerisine bırakılan katı cismin hacmine eşittir.



Şekil 2.1.2 (a): İçinde su bulunan dereceli silindir

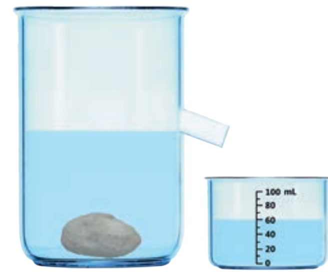


Şekil 2.1.2 (b): İçinde su ve cisim olan dereceli silindir

Düzgün geometrik şekli olmayan cisimlerin hacmi, taşırma kabı kullanılarak da ölçülebilir. Taşırma kabı, taşma seviyesine kadar sıvı ile doldurulur (Şekil 2.1.3 a). Kabın içine sıvıda çözünmeyen, düzgün geometrik şekli olmayan katı cisim yavaşça bırakıldığında bir miktar sıvı taşar. Toplama kabında biriken sıvının hacmi ($V_{taşan\ sıvı}$), sıvıya atılan katı cismin hacmi (V_{cisim}) kadardır (Şekil 2. 1. 3 b). Taşan sıvının hacmi, dereceli silindirle ölçülerek cismin hacmi bulunur.

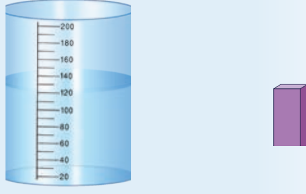


Şekil 2.1.3 (a): Sıvı ile dolu taşırma kabı



Şekil 2.1.3 (b): İçine katı cisim bırakılan taşırma kabı

ÖRNEK SORU



Dereceli bir kapta bulunan 120 mL hacimli suya taban uzunluğu 2 cm olan kare prizma şeklindeki bir metal parçası bırakıldığında su seviyesi 184 mL değerine çıkıyor.
Buna göre metal parçanın yüksekliği kaç cm'dir?

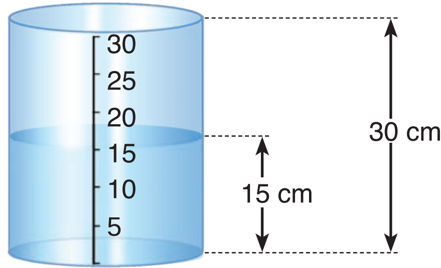
ÇÖZÜM

Metal cisim suya bırakılınca dereceli silindirdeki su seviyesi artar. Dereceli silindirin son hacmi ile ilk hacmi arasındaki fark metal parçanın hacmini verir.

$V_{metal}=V_2-V_1=184-120 = 64$ mL
1 mL=1 cm^3 eşitliğine göre,
$V_{metal}=64$ cm^3 bulunur.

Kare prizmanın hacmi=Taban alanı x Yükseklik ifadesine göre,
$V_{k.p}=a^2.h$ şeklinde bulunur. Buna göre metal parçasının yüksekliği,
$V_{k.p}=a^2.h= 64$
$4.h=64$
$h=16$ cm olarak bulunur.

SIRA SİZDE 7



Taban yarıçapı 4 cm olan şekildeki silindirik kapta, 15 cm yüksekliğinde su vardır. Bu durumda su içine, suda çözünmeyen Y cismi bırakılıyor ve Y cismi tamamen su içine battığında su yüksekliği 25 cm oluyor.
Buna göre Y cisminin hacmi kaç cm³ tür? (π=3 alınız.)

SIRA SİZDE 8

Düzgün geometrik şekli olmayan katı bir cismin hacmini bulmak için taşırma kabına su yerine farklı bir sıvı koyarsak sonuç nasıl değişir?

Meraklısına Bilgi



Doğal gaz 1 atmosfer basıncı altında, -162 °C'ye kadar soğutulunca yoğunlaşarak sıvı hâle geçer. Sıvı hâle geçmiş doğal gaza sıvı doğal gaz (LNG) adı verilir. Doğal gazın hacmi, gaz hâlinden sıvı hâle geçerken 600 kat küçülür. Hacimde gerçekleşen küçülme sayesinde yüksek miktarda doğal gaz sıvı hâlde depolanarak saklanabilir. Bu işlem, doğal gazın borularla taşınmasının ekonomik ve teknik olarak mümkün olmadığı yerlere deniz ve kara yoluyla taşınmasına olanak sağlar.

Sıvıların Hacmi

Belirli bir şekli olmayan ve bulundukları kabın doldurdukları kısmının şeklini alan sıvıların hacim ölçümünde ölçekli kaplar (Görsel 2.1.3) kullanılır. Su, süt, parfüm, zeytinyağı, deterjan, benzin gibi sıvı maddeler hacimleri önceden belirlenmiş kaplarda satılır.



Görsel 2.1.3: Ölçekli kaplar

Birbirine karışmayan sıvılar, aynı kaba konuldukları zaman sıvıların hacimleri toplamı karışımın hacmini verir. Örneğin 5 litre sıvı yağ ile 3 litre su karıştırılırsa toplam hacim 8 litre ölçülür.

Karıştırıldığında birbiri içerisinde çözünen sıvılar aynı kaba konulduğu zaman iki sıvının hacimleri toplamı, karışımın hacminden büyük olur. Çözünme olayı gerçekleşirken moleküller arasında bulunan boşluklar dolduğu için hacim küçülmesi gözlenir. Örneğin 5 litre sirke ile 3 litre su karıştırıldığında toplam hacim 8 litreden küçük bir değer alır.

Gazların Hacmi

Gaz moleküllerinin arasındaki etkileşimin zayıf olması bu moleküllerin her yöne serbestçe hareket etmesini sağlar. Serbestçe dolaşan gaz molekülleri hangi kaba konulursa o kabın şeklini ve hacmini alır. Bu nedenle gazların hacmi, içinde bulundukları kabın hacmine göre ifade edilir.

Gazların hacmi ölçülürken veya hesaplanırken hangi sıcaklık ve basınçta işlem yapıldığı mutlaka belirtilmelidir. Çünkü gazların hacmi, sıcaklık ve basınç değişiminden kolaylıkla etkilenir.

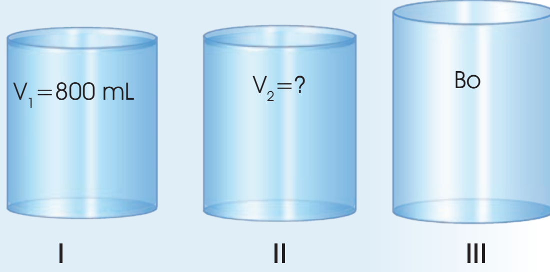


Araştırınız

Evlerde kullanılan doğal gazın hacmi hangi sıcaklık ve basınç altında ölçülmektedir?

ÖRNEK SORU

Şekilde verilen kaplardan III numaralı kap boş ve 1 L hacmindedir. 800 mL hacmindeki I numaralı kap ise su ile tam doludur. I ve II numaralı kaplardaki suların tamamı III numaralı kaba boşaltılınca 150 mL su taşıyor.



Buna göre II numaralı kapta kaç L su vardır? (π=3 alınız.)

ÇÖZÜM

Çözümde mililitre ve litre birimlerini aynı anda kullanmak hataya sebep olacağı için birim dönüşümü yaparak tek bir birim kullanılmalıdır.

150 mL=150.10^{-3} L=0,15 L

800 mL=800. 10^{-3} L=0,8 L

I ve II numaralı kaplardaki suların hacimlerinin toplamı, III numaralı kap ve taşan suyun hacminin toplamına eşittir. Buna göre,

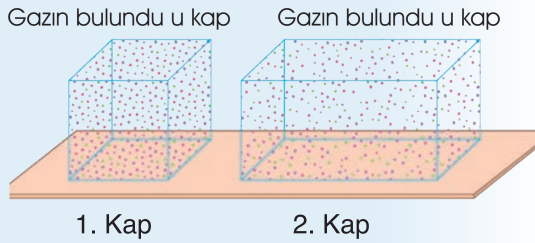
0,8 + V_2 =1+0,15

V_2=1,15- 0,8

V_2=0,35 L su vardır.

ÖRNEK SORU

Şekilde verilen 1. kaba 19 L hacminde 5 kg gaz konuyor. Daha sonra 1. kapta bulunan gaz 40 L hacimli 2. kaba aktarılıyor.



Buna göre gazın 1. ve 2. kaptaki hacim, kütle miktarlarını karşılaştırınız.

ÇÖZÜM

Gazlar konuldukları kabı tamamen doldurarak o kabın hacmine ve şekline sahip olur. Bu nedenle gazların hacmi, konulduğu kabın hacmine eşittir. Gaz 2. kaba aktarılınca hacmi değişir, 2. kabın hacmi olan 40 L değerine ulaşır fakat kütlesi değişmez, sabit kalır.

SIRA SİZDE 9

Gazların hacmi ile ilgili

I. Boş bir kabın içi hava ile doludur.

II. Gazların hacmi sıcak ortamda ölçülmelidir.

III. Gazların bulundukları kap büyütülürse gazın kütlesi büyür.

IV. Helyum gazının hacmi ölçülürken hangi sıcaklık ve basınçta ölçüldüğü not alınır.

şeklinde verilen ifadelerden hangileri doğrudur? Açıklayınız.

SIRA SİZDE 10

Aşağıda katı maddelerin hacim ölçümüyle ilgili bazı görseller verilmiştir. Gerekli hesaplamaları yaparak boşlukları doldurunuz.

1. Durum 80 mL — 2. Durum 120 mL

a) Kaya parçasının hacmi .... mL'dir.

1. Durum 120 mL — 2. Durum 190 mL

b) Cismin hacmi .... mL'dir.

1. Durum 80 mL — 2. Durum 140 mL

c) Bir cismin hacmi .... mL'dir.

1. Durum 55 mL — 2. Durum 130 mL

ç) Bir bilyenin hacmi .... mL'dir.

1. Durum 200 mL — 2. Durum 160 mL

d) Bir küpün hacmi .... mL'dir.

1. Durum 160 mL — 2. Durum 70 mL

e) Bir silindirin hacmi .... mL'dir.

SIRA SİZDE 11

Yarıçapı 2 dm, yüksekliği 10 dm olan silindir şeklindeki kaba 50 L su konuluyor. Buna göre kabı tamamen doldurmak için kaç litre su eklenmelidir? (π=3 alınız.)

KÜTLE HACİM İLİŞKİSİ-ÖZKÜTLE

"Şekil ve büyüklükleri aynı olan alüminyum çaydanlık ile çelik çaydanlığın kütleleri birbirinden farklıdır. Her iki çaydanlığın hacimleri eşit olmasına rağmen kütlelerinin farklı olma sebebi nedir?" sorusuna cevap bulmak ve kütle ile hacim arasındaki ilişkiyi belirlemek için "Kütle Hacim Arasındaki İlişki" deneyini yapınız.

DENEYEREK KEŞFEDELİM

DENEYİN ADI
Kütle-Hacim Arasındaki İlişki

DENEYİN AMACI
Sabit sıcaklık ve sabit basınç altında maddelerin kütle ve hacimleri arasındaki oranın yorumlanması

KULLANILAN MALZEMELER
Terazi, tartı takımı, aynı maddeden (tahta, demir, alüminyum, cam gibi saf bir madde) yapılmış 3 tane özdeş küp, farklı maddelerden (tahta, demir, alüminyum, cam gibi saf bir madde) yapılmış eşit hacimli küpler, cetvel, yapıştırıcı bant

UYARI: ***Deney sabit sıcaklık ve sabit basınç ortamında yapılmalıdır. Kullanacağınız cismin şekli küp olmak zorunda değildir. Cisimlerin içi dolu olmalıdır.***




DENEYİN YAPILIŞI

1. Adım: *Aynı maddeden yapılmış, boyutları eşit 3 küp alınız. Bunlardan birinin bir kenarını ölçüp hacmini hesaplayınız.*

Küpleri terazide tartınız. Birinci küpün kütle ve hacim değerlerini tabloya kaydediniz.

Sonra aynı maddeden yapılmış iki küpü yan yana getirip bantlayınız ve boyutlarını ölçüp hacmini hesaplayınız.

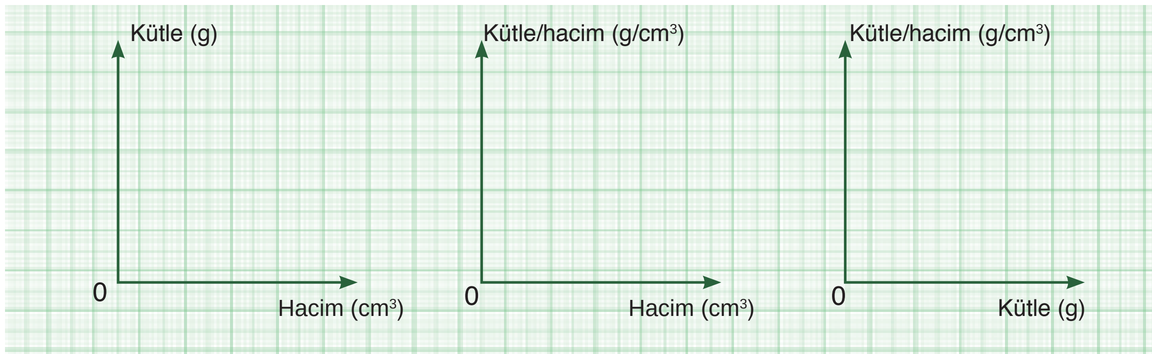
Bantla yapıştırdığınız iki küpü tartarak kütlelerini ölçünüz. Ölçüm değerlerinizi tablodaki yerlere kaydediniz.

Aynı işlemi üç özdeş küp için tekrarlayınız.

Her durum için kütle/hacim oranını hesaplayarak tabloya kaydediniz. Hesaplamalar yapılırken bilişim teknolojilerinden yararlanılabilirsiniz.

Cisim	Kütle m (g)	Hacim V (cm^3)	Kütle/Hacim m/V (g/cm^3)
Küp 1			
Küp 1+Küp 2			
Küp 1+Küp 2+Küp 3			

Tabloda yer alan değerlere göre aşağıda verilen grafikleri çiziniz.



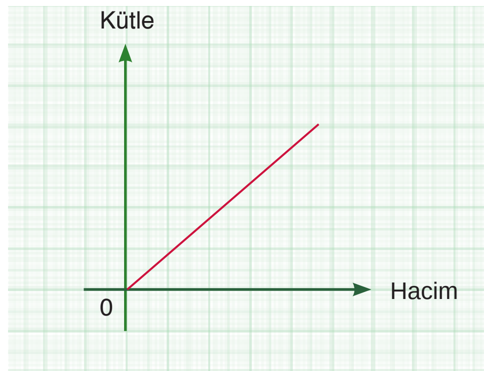
__2. Adım:__ Farklı maddelerden yapılmış eşit hacimde küpleri tartarak kütle değerlerini ölçünüz. Küplerin hacim ve kütle değerlerini tabloya yazınız.

Cisim	Kütle m (g)	Hacim V (cm^3)	Kütle/Hacim m/V (g/cm^3)
Küp 1			
Küp 2			
Küp 3			
Küp 4			
Küp 5			

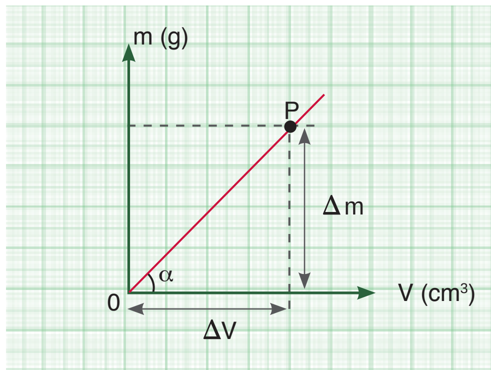
Farklı maddelerden yapılmış her bir küpün kütle/hacim oranını hesaplayınız. Bulduğunuz kütle/hacim oranını tabloya yazarak birbiriyle karşılaştırınız.

DENEYİN SONUÇLANDIRILMASI

1. *Deneyin 1. adımında küp sayısının artışı hacim ve kütle değerlerini ne şekilde etkilemiştir?*
2. *Kütle ve hacim arasında nasıl bir ilişki vardır? Çizdiğiniz kütle-hacim grafiğine göre yorumlayınız.*
3. *Küp sayısının artışı ile kütle/hacim oranı değişti mi? Açıklayınız.*
4. *Deneyin 2. adımında eşit hacimdeki farklı malzemelerden yapılmış küplerin kütle değerleri eşit midir? Karşılaştırınız.*
5. *Farklı maddelerin kütle/hacim oranı eşit midir? Nedenini açıklayınız?*
6. *Maddeleri ayırt etmek için kütle, hacim ve kütle/hacim değerlerinden hangisini kullanırsınız? Nedenini açıklayınız.*
7. *Birim hacimdeki madde miktarına özkütle adı verilir. Buna göre kütle, hacim ve özkütle arasındaki matematiksel model nedir?*



Grafik 2.1.1: Kütle-hacim grafiği



Grafik 2.1.2: Kütle-hacim grafiği

Deneyden de görüleceği üzere saf bir maddenin üzerine etki eden basınç ve ortamın sıcaklığı sabit ise kütle-hacim grafiği Grafik 2.1.1'deki gibi doğrusaldır.

Maddenin birim hacminin kütle miktarına **özkütle** denir. Özkütle d sembolü ile gösterilir. Maddeler için ayırt edici bir özelliktir. Özkütlenin matematiksel modeli,

$$\text{Özkütle} = \frac{\text{Kütle}}{\text{Hacim}}$$

$$d = \frac{m}{V}$$

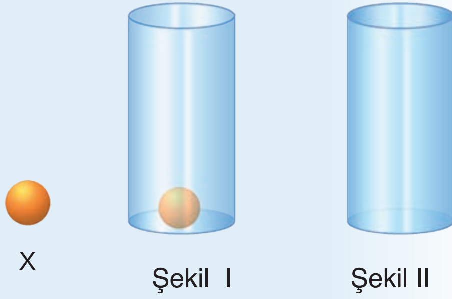
şeklindedir. Özkütle birimi SI birim sisteminde kg/m^3tür. Laboratuvar çalışmalarında g/cm^3 birimi de kullanılmaktadır. Gazlar ve sıvılar için bazen g/L birimi de kullanılabilir. "Kütle-Hacim Arasındaki İlişki" deneyinde çizilen kütle-hacim grafiğinin (Grafik 2.1.2) eğiminden özkütle hesaplanır. Grafiğin eğimi, düşey eksen ile yatay eksen grafikle üçgen oluşturduğunda düşey dik kenar ile yatay dik kenar oranlanarak bulunur.

$$\text{Eğim} = \frac{\Delta m}{\Delta V}$$

$$\text{Eğim} = \frac{\text{Kütle}}{\text{Hacim}} = \text{Özkütle}$$

Bir maddenin özkütlesi, o maddenin 1 cm^3 hacminin kaç gram kütleye eşit olduğunu ifade eder. Örneğin +4 °C'lik sıcaklıktaki saf suyun özkütlesi 1 g/cm^3 tür. Bu bilgiye göre "+4 °C sıcalıktaki 1 cm^3 saf suyun kütlesi 1 g'dır." denilebilir. Özkütle, doğrudan ölçülemez hesaplanarak bulunur. Özkütle ölçmek için kullanılan aletler de hesaplama yöntemiyle çalışmaktadır.

ÖRNEK SORU



Darası 20 g olan silindir şeklindeki kap su ile tam doldurulduğunda 100 g geliyor. Kütlesi 40 g olan X cismi su dolu bu kaba yavaşça bırakılıyor. Bu durumda toplam kütle 120 g ölçülüyor.
Buna göre cismin özkütlesi kaç g/cm^3 tür?
(d_{su}=1 g/cm^3)

ÇÖZÜM

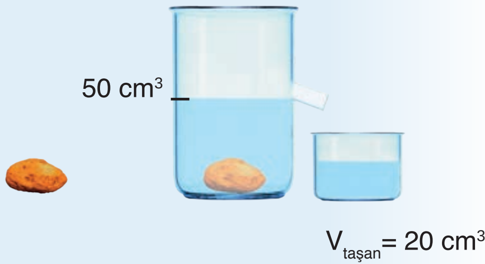
Özkütlenin hesaplanabilmesi için cismin kütlesi ve hacmi bilinmelidir.
Cismin hacmi I. ve II. durumdaki kütle değerlerinden yararlanılarak hesaplanır.
$m_{kap}+m_{su}=100$ g
$m_{kap}=20$ g olduğuna göre $m_{su}=80$ g'dır.

$d_{su} = \frac{m_{su}}{V_{su}}$ matematiksel modeli kullanılırsa

$1 = \frac{80}{V_{su}}$ ve $V_{su}=80$ cm^3 bulunur Kap su ile tam dolu olduğundan $V_{su}=V_{kap}=80$ cm^3 tür.
X cismi su dolu kap ile tartıldığında
$m_{kap}+m_{su}+m_x=120$ g olduğuna göre
$20+m_{su}+40=120$ ve $m_{su}=120-60=60$ g olur.

$d_{su} = \frac{m_{su}}{V_{su}}$ eşitliği kullanılır ve $1 = \frac{60}{V_{su}}$ eşitliğinden $V_{su}=60$ cm^3 bulunur.
X cisminin hacmi ise 80-60=20 cm^3 olarak hesaplanır. Cismin özkütlesi $d_x = \frac{m_x}{V_x}$ matematiksel modelinden
$d_x=40/20=2$ g/cm^3 olarak bulunur.

ÖRNEK SORU



Taşma seviyesi 50 cm^3 olan taşırma kabında 40 cm^3 su bulunuyor. Taşırma kabına 60 gramlık taş bırakıldığında 20 cm^3 su taşıyor.
Buna göre,
a) Taşın özkütlesi kaç g/cm^3 tür?
b) Taşan sıvının bulunduğu küçük kabın kütlesi kaç gram artar? (d_{su}=1 g/cm^3)

ÇÖZÜM

a) Cisimlerin özkütlesi d=m/V matematiksel modeli ile hesaplanır.
Taşın kütlesi=$m_{taş}$=60 g'dır.
Taşın hacmi, taşırma kabında taşma seviyesine kadar olan hacim 50-40=10 cm^3 ile taşan suyun hacminin toplamı kadardır.
$V_{taşan}=20+10=30$ cm^3
Buna göre taşın özkütlesi,
$d_{taş}=m/V=60/30=2$ g/cm^3
olarak bulunur.

b) Küçük kabın kütlesi taşan suyun kütlesi kadar artar.
$d_{su}=m/V \Rightarrow m_{taşan}=d_{su}.V$
$m_{taşan}=1.20$
$m_{taşan}=20$ g olarak bulunur.

SIRA SİZDE 12

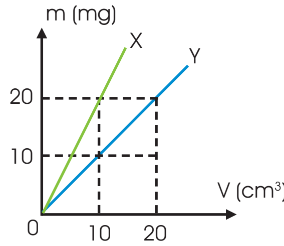
Taban yarıçapı 10 cm, yüksekliği 20 cm olan silindir biçimli bir kap, özkütlesi 0,6 g/cm³ olan sıvı ile tamamen doludur.
Buna göre bu sıvının kütlesi kaç gramdır? (π=3 alınız.)

SIRA SİZDE 13

Kütlesi 40 g olan bir kap su ile doldurulduğunda 90 g, başka bir sıvı ile doldurulduğunda 60 g geliyor.
Buna göre sıvının özkütlesi kaç g/cm³ tür? (d_{su}=1 g/cm³)

SIRA SİZDE 14

Sabit sıcaklık ve basınç altında X ve Y maddelerine ait kütle-hacim grafiği şekilde verilmiştir.

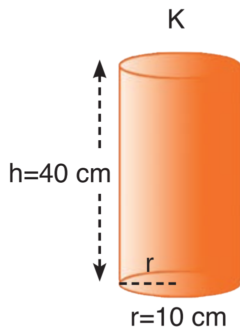


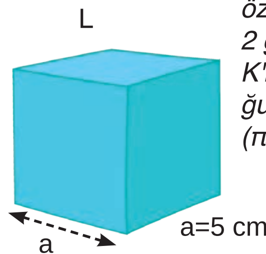
X maddesinin özkütlesi d_X, Y maddesinin özkütlesi d_Y olduğuna göre d_Y/d_X oranı kaçtır?

SIRA SİZDE 15

Özkütlesi 1,2 g/cm³, kütlesi 60 g olan bir cisim 70 cm³ çizgisine kadar su ile dolu 100 cm³lük dereceli silindire bırakılıyor.
Buna göre dereceli silindirden kaç cm³ su taşar?

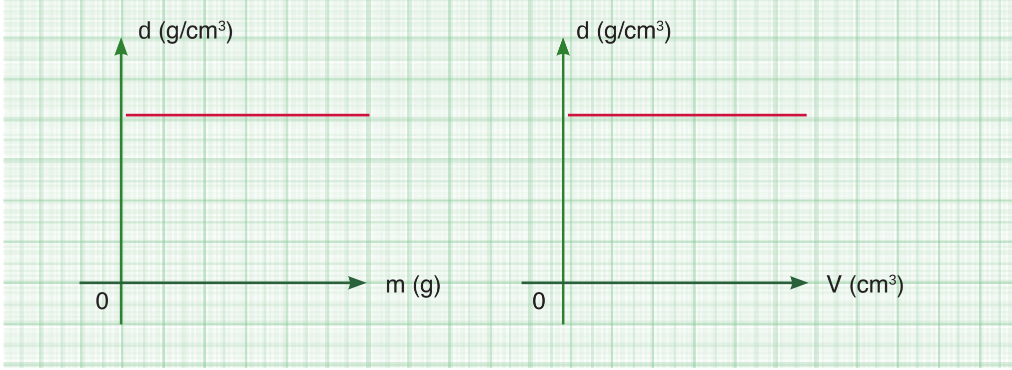
SIRA SİZDE 16





Şekilde verilen bloklardan K silindiri özkütlesi 0,8 g/cm³, L küpü özkütlesi 2 g/cm³ olan maddelerden yapılmıştır. K'nin kütlesi m_K ve L'nin kütlesi m_L olduğuna göre m_K/m_L oranı kaçtır? (π=3 alınız.)

Sabit sıcaklık ve sabit basınç altında maddenin kütlesi veya hacmi değiştiğinde özkütlesi değişmez.



Grafik 2.1.3 (a): Özkütle-kütle grafiği *Grafik 2.1.3 (b): Özkütle-hacim grafiği*

Grafik 2.1.3 a ve b'den görüldüğü gibi maddenin özkütlesi kütle ve hacim değişimine bağlı değildir. Örneğin sabit sıcaklık ve basınç altında bir damla saf suyun özkütlesi ile bir kova saf suyun özkütlesi birbirine eşittir. Bu nedenle özkütle maddeler için ayırt edici yani karakteristik bir özelliktir. Örneğin bir maddenin altın olup olmadığını anlamak için özkütlesini hesaplamak ve saf altının özkütlesi ($d_{altın}$=19,3 g/cm³) ile karşılaştırmak yeterlidir.

Madde atomlardan oluşur ve her maddenin atomik özellikleri kendine hastır. Bir maddenin atomik özellikleri onu diğer maddelerden ayırt etmemizi sağlayan özellikleri oluşturur. Özkütle, iletkenlik, genleşme katsayısı, erime noktası, kaynama noktası, donma noktası, çözünürlük gibi özellikler maddeleri ayırt etmek için kullanılan özelliklerdir.



Verilen linkteki simülasyonu izleyerek özkütlenin kütle ve hacime bağlı değişimini izleyebilirsiniz.

Maddeleri ayırt ederken özkütlenin yeterli olmadığı durumlar olabilir. Bu durumda maddelerin diğer ayırt edici özellikleri incelenir. Tablo 2.1.5'te bazı maddelerin özkütlelerinin yaklaşık değerleri verilmiştir.

Tablo 2.1.5: Bazı maddelerin 15 °C ve 1 atmosfer basınç altındaki özkütleleri

MADDE (15 °C ve 1 atm'de)	ÖZKÜTLE	
	g/cm³	kg/m³
Altın	19,30	19300
Cıva	13,60	13600
Kurşun	11,30	11300
Bakır	8,90	8900
Demir	7,80	7800
Su	1	1000
Zeytinyağı	0,92	920
Etil alkol	0,81	810

ÖRNEK SORU

Tabloda aynı basınç altındaki A, B ve C maddelerinin belli sıcaklıklardaki kütle ve hacim değerleri verilmiştir.

Madde	Kütle (g)	Hacim (cm^3)	Sıcaklık (^oC)
A	75	50	10
B	25	50	20
C	75	150	20

Buna göre,
a) Bu maddelerin özkütlelerini bulunuz.
b) Maddelerin aynı cins olup olmadığını yorumlayınız.

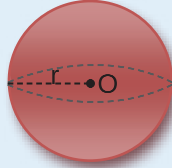
ÇÖZÜM

a)Tablodaki kütle ve hacmi bilinen maddelerin özkütlesi d=m/V ile hesaplanır.
Buna göre,
10 ^oC'de $d_A=m_A/V_A$ =75/50 =1,5 g/cm^3
20 ^oC'de $d_B=m_B/V_B$ =25/50 =0,5 g/cm^3
20 ^oC'de $d_C=m_C/V_C$ =75/150 =0,5 g/cm^3
olarak bulunur.

b) Sabit basınç ve sıcaklık altında özkütle, maddeler için ayırt edici özelliktir. Buna göre 20 ^oC'de B ve C maddelerinin özkütleleri eşittir. Bu nedenle B ve C için aynı cins maddelerdir denilebilir. Kütleleri eşit olan A ve C maddeleri karşılaştırıldığında, sıcaklık arttıkça hacim artacağından her iki maddeninde aynı cins madde olabileceği söylenebilir.

ÖRNEK SORU

2r yarıçaplı kürenin kütlesi 2 m'dir. Aynı sıcaklık ve basınç altında bu kürenin yarıçapı r kadar küçültülüyor.



Bu durumda r yarıçaplı kürenin kütlesi kaç m'dir? (π=3 alınız.)

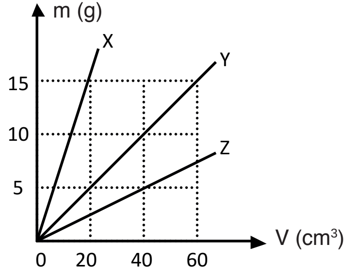
ÇÖZÜM

Maddelerin özkütle değeri sabit sıcaklık ve basınç altında değişmez. Çözüm için kürenin özkütlesi d=m/V matematiksel modelinden hesaplanır. Kürenin başlangıçtaki hacmi V_1 ,
$V_1=(4/3)\pi r^3=(4/3).3.(2r)^3=4.8r^3=32r^3$ olur.
$d=2m/32r^3=m/16r^3$ olarak bulunur.
Kürenin yarıçapı r kadar küçültülünce hacmi
$V_2=(4/3)\ \pi r^3=(4/3).3.(r)^3=4.r^3$ olur.
Küçültülen kürenin kütlesi m_2 olsun, özkütle ifadesinden kütle değerini m cinsinden hesaplarsak,
$m_2=d.V_2=m/16r^3.4r^3$
$m_2=m/4$ bulunur.

SIRA SİZDE 17

Aynı sıcaklık ve basınç altında eşit hacme sahip demir, cıva ve tahtanın kütlelerini büyükten küçüğe doğru sıralayanız ve bu değerlerin farklı olma sebebini açıklayınız.
(d_{demir}=7,8 g/cm^3 , $d_{cıva}$= 13,6 g/cm^3, d_{tahta}= 0,6 g/cm^3)

SIRA SİZDE 18

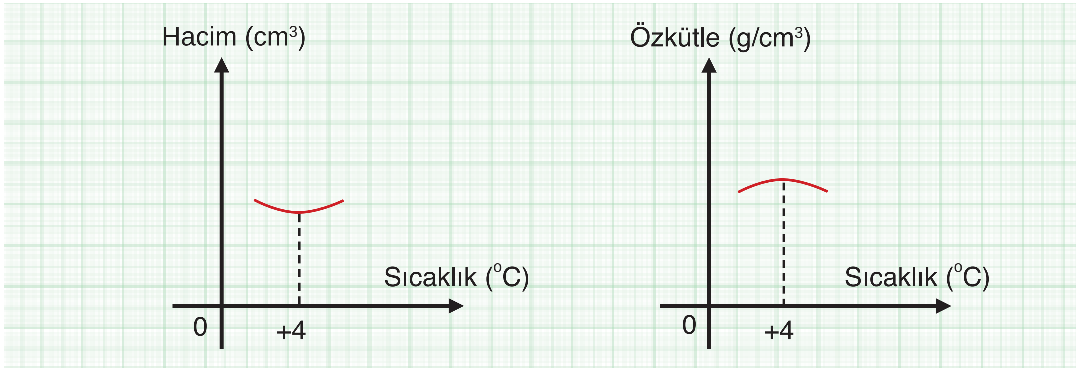


Kütle-hacim grafiği verilen X, Y ve Z maddelerinin,
a) Özkütleleri arasındaki ilişki nedir?
b) Özkütle-hacim ve özkütle-kütle grafiklerini çiziniz.

SIRA SİZDE 19

1 litrelik bir kaba zeytinyağı, etil alkol ve su ayrı ayrı konulup tartılıyor.
a) Bu maddelerin kütleleri arasındaki ilişki nedir?
b) Bu maddeler için özkütle-kütle, özkütle-hacim grafiklerini çizerek yorumlayınız.
($d_{zeytinyağı}$=0,92 g/cm³, $d_{etil\ alkol}$ =0,81 g/cm³ , d_{su}=1 g/cm³)

Saf suyun +4 °C'deki yoğunluğunun, 0 °C'deki yoğunluğundan fazla olmasının sebebi nedir?



Grafik 2.1.4 (a): Suyun hacim-sıcaklık grafiği

Grafik 2.1.4 (b): Suyun özkütle-sıcaklık grafiği

Suyun özkütlesinin sıcaklığa bağlı olarak özel bir durumu vardır. Suyun özkütlesi, Grafik 2.1.4 b'den görüleceği üzere, 0 °C'den +4 °C'ye doğru artar ve en yüksek değeri olan 1 g/cm³ e ulaşır. +4 °C'den sonra özkütlesi düşmeye başlar. Suyun özkütlesi +4 °C ve 1 atm basınç altında 1000 kg/m³ tür (1 g/cm³). Su dışındaki sıvıların çoğunun katı hâlinin özkütlesi, kendi sıvı hâllerinin özkütlesinden daha büyüktür. Bu nedenle katı hâlleri sıvı hâllerinde yüzemez, dibe batar. Ama su için durum farklıdır.

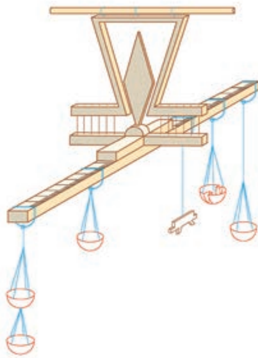
Moleküler yapısı nedeniyle su donduğunda hacmi büyüyen nadir maddelerden biridir (Grafik 2.1.4 a). Bu durum su molekülünde bulunan hidrojen bağlarıyla ilgilidir.



Görsel 2.1.4: Buz dağı

Donma noktasında kristal bir yapı oluşturan su molekülleri arasında boşluklar artar. Bu boşluklar nedeniyle katı hâle geçen su daha fazla yer kaplar. Böylelikle katı hâle geçen suyun hacmi artmış dolayısıyla özkütlesi azalmış olur. Kışın +4 °C'nin altındaki hava sıcaklığında su borularının ve otomobil radyatörlerinin çatlamasının sebebi, suyun donması yani katı hâle geçmesiyle hacminin artmasıdır. Buzun yoğunluğu suyun yoğunluğundan küçük olduğu için buz dağları (Görsel 2.1.4) ya da bardaktaki suya atılan buzlar, suyun üzerinde yüzer ve batmaz. Bizmut ve antimon elementleri de katılaşınca hacmi büyüyen maddelerdendir.

Havanın yükseldikçe yoğunluğunun azaldığını ifade eden el-Hazini "bilge terazi" (hikmet terazisi) adı verilen beş kefeli teraziyi geliştirerek hassas tartımlar ve yoğunluk ölçümleri yapmıştır (Şekil 2.1.4). Hikmet terazisi Yunan ve İslam tartı biliminin, yüzyıllarca süren tartı ve yoğunluk ölçümündeki gelişmelerin doruk noktası sayılmaktadır. El-Hazini sabırla yaptığı çalışmalar sonucunda dokuz maden, on kıymetli taş, on üç kıymetsiz cisim ve on sekiz tür sıvının yoğunluğunu el-Birûnî'nin konik aletini kullanarak saptamıştır.



Şekil 2.1.4: Hikmet terazisi

Göller ve denizler soğuk havalarda yüzeyden donmaya başlar. Bu durum su altındaki canlıların kış aylarında da yaşayabilmesine olanak sağlar. Eğer su donma noktasında daha yüksek özkütleye sahip olsaydı su kaynaklarının olduğu yerlerde (göl gibi) donan su dibe batmaya başlar ve yüzeye kadar donarak sulardaki canlı yaşamına olanak vermezdi.

En büyük memeli hayvan olan balinaların özkütlesi deniz suyundan küçük olduğu için balinalar denizde çok rahat hareket eder. Balinaların özkütlesi vücutlarındaki yağ tabakası ve kemiklerindeki dokuların yapısından dolayı suyun özkütlesinden küçüktür. Suyun kaldırma kuvveti ve özkütle değeri sayesinde balinalar büyük cüsselerine rağmen rahatça yüzer. Fakat karaya vurdukları anda suyun kaldırma kuvveti ortadan kalkar, bütün ağırlıkları gövde kemiklerinin üzerine baskı yapar ve bu durum kemiklerinin kırılmasına neden olur. Kemikleri kırılan balinalar denize dönemez ve yaşamlarını kaybeder.

Karışımların Özkütlesi

Maddeler saf maddeler ve karışımlar olmak üzere ikiye ayrılır. Günlük hayatta karşılaşılan maddeler genellikle saf hâlde olmayıp karışım şeklindedir. Karışım iki ya da daha fazla maddenin kimyasal özelliklerini kaybetmeden bir araya gelmesiyle oluşan madde topluğudur. Atmosfer, toprak ve deniz suyu karışımlara verilebilecek örnekler arasındadır.

Karışımı oluşturan maddeler, karışım içerisine düzgün dağılmazsa türdeş olmayan (heterojen) karışımlar oluşur. Bu tür karışımlara örnek olarak ayran, süt, yemekler ya da çamur verilebilir. Türdeş olmayan karışımlarda, karışım içerisindeki madde dağılımı düzgün olmadığı için karışımın özkütlesinden bahsedilmez. Maddelerin karışım içerisine düzgün dağılmasıyla türdeş (homojen) karışımlar oluşur. Türdeş karışımlara şekerli su, tuzlu su ve parfümler örnek olarak verilebilir. Türdeş karışımların özkütlesi hesaplanabilir.

Birbirine türdeş olarak karışabilen, aynı sıcaklıktaki sıvılardan oluşan karışımın özkütlesi, sıvıların özkütlelerine ve karışımdaki miktarlarına bağlıdır. Karışımların özkütlesi saf maddelerin özkütlelerinin hesaplanmasına benzer şekilde bulunur. Karışımın özkütlesi $d_{karışım}$, karışımın kütlesi $m_{karışım}$ ve karışımın hacmi $V_{karışım}$ olmak üzere

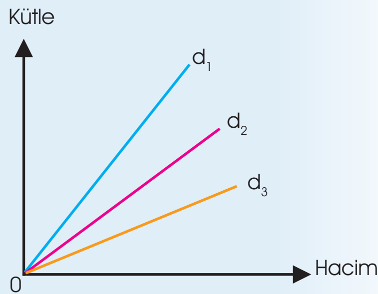
$$d_{karışım} = \frac{m_{karışım}}{V_{karışım}}$$

ifadesi ile bulunur. Karışımın kütlesi, karışımı oluşturan maddelerin kütlelerinin toplamına, hacmi ise hacimlerinin toplamına eşit kabul edilir.

Karışımın özkütlesi karışımı oluşturan sıvıların özkütleleri arasında bir değer alır. Karışımın özkütlesi; özkütlesi küçük olan sıvının özkütlesinden büyük, özkütlesi büyük olan sıvının özkütlesinden küçük olur. Örneğin özkütleleri 4 g/cm^3, 6 g/cm^3 ve 9 g/cm^3 olan sıvılarla oluşturulan karışımın özkütlesi 4 g/cm^3 ile 9 g/cm^3 arasında bir değer alır.

ÖRNEK SORU

İki sıvıdan oluşan türdeş bir karışımın ve bu karışımdaki sıvıların kütle-hacim grafiği verilmiştir.



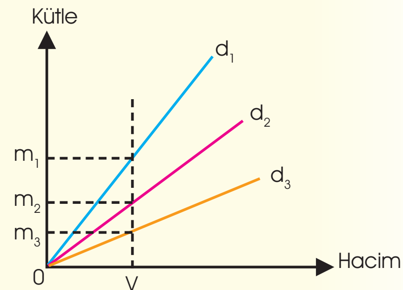
Buna göre

a) d_1, d_2 ve d_3 özkütleleri arasındaki büyüklük ilişkisi nedir?

b) d_1, d_2 ve d_3 ile verilen özkütlelerden hangisi karışımın özkütlesidir?

ÇÖZÜM

Kütle-hacim grafiğinden sıvıların özkütleleri karşılaştırılabilir. Aynı hacme sahip maddelerden kütlesi büyük olanın özkütlesi de büyüktür. Bunun sebebi aynı hacimde daha fazla madde bulunmasıdır.



a) Özkütleler arasındaki büyüklük sıralaması $d_1 > d_2 > d_3$ şeklindedir.

b) Karışımın özkütlesi karışıma giren sıvıların özkütle büyüklükleri arasında bir değer alır. Buna göre d_2 özkütlesi d_1 ile d_3 özkütleli sıvıların karışımı ile elde edilebilir.

SIRA SİZDE 20

Özkütlesi 2 g/cm³ olan türdeş karışım elde etmek için birbirine karışabilen
I. 1 g/cm³
II. 2 g/cm³
III. 3 g/cm³
özkütleli sıvılardan hangi ikisi kullanılabilir? Açıklayınız.

GÜNLÜK HAYATTA ÖZKÜTLE

Günlük hayatımızda yer alan birçok uygulama incelendiğinde maddenin özkütle özelliğinin önem taşıdığı görülmektedir. Örneğin, gemilerin yüzmesi, ısınan havanın yükselmesi, süt kaymağının yüzeyde toplanması, rüzgârın oluşması, uçan balonun yükselmesi, kan ve idrar tahlilinin yapılması gibi birçok konuda özkütle bilgisi kullanılır. Özkütle farkı çevremizdeki en basit uygulamadan en karmaşık uygulamaya varıncaya kadar hayatımızı kolaylaştıran bir özellik hâline gelmiştir. Yumurtanın tazeliğinin kontrol edilmesinden petrolden benzin, gaz yağı, mazot gibi ürünlerin elde edilmesine kadar pek çok işlemde özkütle farkı kullanılmaktadır.

Kuyumculuk, porselen yapımı, ebru çalışmaları gibi teknik ve sanatsal çalışmalarda da özkütleden faydalanılmaktadır.

Meraklısına Bilgi

Metalik özelliklere sahip ve en az biri metal olmak üzere iki veya daha fazla kimyasal elementin homojen olarak karıştırılmasıyla elde edilen yeni özellikteki metal ürüne alaşım adı verilir. Bu işlem metalin özelliklerini değiştirmek ve farklı özellikler kazandırmak için yapılır. Alaşımların fiziksel ve kimyasal özellikleri, onu oluşturan metallerinkinden tamamen farklı olabilmektedir. Cıva alaşımları olan amalgamlar, tunç (bakır-kalay), pirinç (bakır-çinko) ve lehim (kalay-kurşun) günlük hayatta kullanılan alaşımlara örnek olarak verilebilir.

Kuyumculukta Özkütle

Altın; dış etkilerle bozulmaması, pırıltısı ve zor bulunması gibi özellikleriyle her dönemde ilgi görmüştür. Eskiden güç ve zenginlik sembolü olan altın, genellikle alüvyonlu yataklarda kumla karışmış parçacıklar veya kuvars yapılı kayalar içerisinde dağılmış ince damarlar arasında bulunur. Kayaların parçalanması sonucu altın mineralleri kum ve çakıl içerisine karışır.



Görsel 2.1.5: Altın aramada kullanılan kap

Altın kırıntılarını diğer maddelerden ayırmak için özkütle farkından yararlanılır. Elek veya tavalama yöntemi adı verilen bir yöntemle altın kırıntıları diğer maddelerden ayrıştırılır. Alüvyonlu akarsu yataklarında bulunan altın, kum ve çakıl karışımı su içinde tava şeklindeki elek adı verilen kaplarda (Görsel 2.1.5) döndürülür. Altının özkütlesi elek içinde bulunan diğer maddelerin özkütlesinden daha büyük olduğu için altın tanecikleri dibe çöker. Elek biraz eğik tutularak sarsılınca kum ve diğer parçacıklar savrularak altın tanelerinden ayrışmış olur.

Altın madenciliğinde kullanılan başka bir yöntemde ise kum-çakıl

karışımı malzeme, dibinde çentik veya eşikler bulunan ve içinden su akan oluklara konulur. Malzeme su ile beraber oluk içinde akıtılır. Altın özkütlesi nedeniyle dibe çökerek eşik veya çentiklere takılı kalır. Bu işlem basınçlı suyla da yapılabilir.

Altının saflığı kimyada yüzde ile kuyumculukta karat veya ayar ile ifade edilir. Saf altın 24 ayar (%100) olarak tanımlanmıştır. Saf altının yumuşak yapısı işlenmesini kolaylaştırsa da günlük hayatta kullanımını zorlaştırır. Takı ve diğer eşyaların yapımında saf altının içine gümüş, bakır, nikel ve çinko gibi elementler karıştırılarak altın alaşımları elde edilir. Karıştırılan elementlerin oranı altının sertlik, özkütle, ısıya dayanıklılık değerlerinin kontrolünü sağlar. Altın alaşımları farklı renklerde olur. Altın-bakır alaşımı kırmızı, altın-gümüş alaşımı yeşil, altın-nikel alaşımı beyaz renktedir.

Saflık derecesine göre altın alaşımları 22, 18, 14, 10 ayar olarak adlandırılır. Örneğin kuyumcularda satılan bilezikler (Görsel 2.1.6) genellikle 22 ayardır. 22 ayar altının %91,6'sı altın kalan %8,4'lük kısmı da bakır, gümüş ya da nikelden oluşur. 18 ayar altında %75,14 oranında, 14 ayar altında ise %58,5 oranında altın bulunur.



Görsel 2.1.6: Altın takılar

Porselen Yapımında Özkütleden Faydalanma

Seramik grubunun bir ürünü olan porselen, kil ihtiva eden doğal ham maddelerin rafine edilmesiyle üretilir. Kolay şekil verilebilen ve sağlıklı bir ürün olan porselen özellikle mutfak eşyalarının (Görsel 2.1.7) yapımında, teknik ve sanatsal çalışmalarda yaygın olarak kullanılır.

Porselenin temel malzemeleri kaolin, kuartz ve feldispattır. Porselen yapımı, kuartz ve feldispatın değirmenlerde öğütülerek pudra kıvamında toz hâle getirilmesiyle başlar. Toz hâlindeki bu karışım su ilave edilerek çamur kıvamına getirilir. Döküm çamuru adı verilen bu yapının en önemli fiziksel özellikleri arasında özkütlesi gelmektedir. Porselenin dayanıklılığı, kalitesi, elektriği iletmemesi gibi tüm özellikleri özkütlesine bağlı olarak değişir. Döküm çamuru hazırlanırken pudra kıvamındaki toz karışıma eklenen suyun özkütlesi, çamurun özkütlesini etkileyecek en önemli faktördür. Çamura eklenen suyun miktarını arttırmak çamurun yoğunluğunu düşürür. Doğru oranda hazırlanan porselen hamuru kalıplara dökülür ve 1400 °C-1800 °C sıcaklıkta pişirilerek (Görsel 2.1.8) sertleştirilir.



Görsel 2.1.7: Porselen fincanlar



Görsel 2.1.8: Pişirilmekte olan porselen kaplar

Ebru Yapımında Özkütlenin Kullanılması



Görsel 2.1.9: Ebru desen çalışması

Türk süsleme sanatlarından biri olan ebru sanatı, yoğunlaştırılmış su üzerine toprak ve toz boyalarla resim yapma sanatıdır.

Ebru yapımında kullanılan kaba, ebru teknesi adı verilir. Ebru teknesindeki suyun yoğunluğu desen oluşturmada (Görsel 2.1.9) önemli bir etkendir. Su yeterince yoğun değilse figür oluşturmada zorluk çekilir. Bu nedenle saf suyun içine kitre ya da benzeri maddeler (denizkadayıfı, sahlep, keten tohumu gibi) karıştırılır ve suda çözünmeleri sağlanır. Böylece suyun yoğunluğu (özkütlesi) artar ve su yapışkan bir kıvam alır.

Ebru yapımında kullanılan kitre; ülkemizin güney ve güneydoğu bölgelerinde kırlarda yetişen, geven adlı yabani bir dikenin öz suyundan elde edilir. Suyun özkütlesini arttıran ve yapışkan bir kıvam almasını sağlayan kitrenin miktarı ebru renklerinin koyu ya da açık renk olmasını belirler. Koyu renkler için daha çok kitreli su kullanılırken, açık renkler için daha az miktarda yani özkütlesi daha düşük kitreli su kullanılır.



Görsel 2.1.10: Lale desenli ebru çalışması

Ebru teknesinde hazırlanan suya katılan sığır ödü ise sıvının üzerinde boyaların çökmeden yayılmasını, birbirine karışmadan renklerini vermesini ve kolay şekil almasını sağlamak için kullanılır. Öd; safra kesesinden salgılanan, büyükbaş hayvanların ve insanların vücutlarındaki yağların parçalanmasını sağlayan bir maddedir.

Ebru teknesinde hazırlanan suya karıştırılan öd ve kitre ya da benzeri maddeler sayesinde suya serpilen boyalar dibe çökmez. Böylece su yüzeyindeki boyalarla desen ve figürler oluşturulur. Bu desenlerin üzerine serilen ebru kâğıdı uygun şekilde teknenin kenarından çekilir ve desenler kâğıda geçirilmiş olur.

Ebru sanatında her seferinde farklı bir eser oluşur. Kullanılan boya ve kitrenin miktarı ve özellikleri farklı olacağı için desenler de farklı olacaktır. Bu nedenle elde edilen ebru deseni (Görsel 2.1.10) tektir, aynısı bir daha yapılamaz.

SIRA SİZDE 21

Ebru sanatında her seferinde farklı desen ve renk tonlarının oluşmasının özkütle ile ilişkisi nedir?

SIRA SİZDE 22

Altın madenciliğinde kullanılan eleme yöntemi ile benzerlik gösteren, günlük hayatta yapmış olduğumuz beş farklı duruma örnek veriniz.

DAYANIKLILIK

2.2



Japonya'nın Kobe (Kobe) şehrinde 17 Ocak 1995 yılında gerçekleşen Kobe depremi son yılların en büyük felaketlerinden biridir. Yerin 16 km altında Richter ölçeğiyle 7,2 büyüklüğünde gerçekleşen depremde 5500 kişi hayatını kaybetmiş, 3300 kişi yaralanmıştır. Deprem sırasında binalar çökmüş, yollar kaymış, demir yolları büyük hasar görmüş, liman bölgesi ulaşıma kapanmış ve yangınlar çıkmıştır. Kobe depremi sonrasında Japonya'da inşaat denetimi ve yönetmeliği yenilenmiş, katı kurallar getirilmiştir. İnşaatlarda kullanılacak malzemelerin dayanıklılığına daha fazla önem verilmiştir.

1988 yılında yapımına başlanan, Kobe şehri ile Avaji (Avaji) Adası'nı birbirine bağlayan Akashi Kaikyo (Akaşi Kayko) Köprüsü depremin olduğu sırada henüz inşaat hâlindedir. Dünyanın en uzun (1991 m) asma köprüsü olan Akashi Kaikyo Köprüsü, aynı zamanda yapımı sırasında büyük bir depreme maruz kalan ilk köprüdür. Tayfun bölgesi olan Akaşi Boğazı'nda bulunan köprü Kobe depreminde gösterdiği dayanıklılık ile dikkatleri üzerine çekmiştir. Köprünün yapımında kullanılması için suyun içinde sertleşen bir beton geliştirilmiş, normal çelik tellerden iki kat güçlü, oldukça dayanıklı çelik tel üretilmiştir. Bu malzemeler sayesinde köprünün dayanıklılığı ve yük taşıma kapasitesi arttırılmıştır. 1998 yılında trafiğe açılan, yıkıcı depreme rağmen hâlâ ayakta duran köprü, mimarisi ve kullanılan malzeme açısından bir mühendislik harikası olarak tarihe geçmiştir.

Koltukların ayakları neden bir sandalye ayağı kadar uzun değildir?
Mukavemet bilimi nedir?
Aynı maddeden yapılmış, eşit hacimdeki küre ve silindir şeklindeki maddelerden hangisi daha dayanıklıdır?

Bu soruların ve konuyla ilgili akla gelebilecek diğer soruların cevaplarına ünitenin bu bölümünde yer verilecektir. Dayanıklılık kavramı üzerinde durulacak, katılarda dayanıklılık kavramı günlük hayattan örneklerle açıklanacaktır. Kesit alanının hacme oranı ile ilgili hesaplamalar yapılacaktır.

Bu Bölümde Öğrenilecek Kavram ve Terimler

Dayanıklılık

KATI MADDELERDE DAYANIKLILIK

Maddenin katı hâli, şekil değişikliğine en çok direnç gösteren hâlidir. Katı maddelerin atom ve molekülleri arasındaki kuvvetli bağlar, katıların sert bir yapıya ve sabit bir şekle sahip olmasını sağlar. Atom ve moleküller birbirinden bağımsız hareket edemez ancak ortamın sıcaklığı ile doğru orantılı olacak şekilde titreşim hareketi yapabilir. Bu özelliklerinden dolayı katılar sıkıştırılamaz ve kendiliğinden öteleme hareketi yapamaz.

Katıların hacminin çok büyük basınç altında az miktarda değişmesi, gerildikleri veya ısıtıldıkları zaman uzaması, bir ucu ısıtılan katı maddenin ısı enerjisini diğer uca iletebilmesi gibi özellikleri de sahip oldukları atomik yapıyla açıklanabilir.

Katı bir cisme dışardan bir kuvvet uygulandığında cisim bir bütün olarak öteleme (yer değiştirme) veya dönme hareketi yapabilir, şekil değişikliğine uğrayabilir.



Görsel 2.2.1: Çelikten yapılmış halat

Katıların en önemli özelliklerinden biri çekmeye, gerilmeye ve kopmaya karşı gösterdikleri dirençtir. Cismin dış kuvvetlere karşı gösterdiği direnç onun sağlamlığını belirtir. Katı maddelerin dışardan uygulanan kuvvetlere karşı şekillerini korumaya çalışmasına **dayanıklılık** denir. Çekmeye, basmaya, eğmeye, vurmaya karşı her cismin dayanma derecelerini bildiren değerler, kat sayılar vardır. Dayanıklılık kat sayıları maddeye, boyutlarına ya da cisme göre değiştiği için ayırt edici bir özelliktir. Örneğin boyutları aynı bir bakır tel ile çelik telin (Görsel 2.2.1) dayanıklılığı birbirinden farklıdır.



Görsel 2.2.2: Teleferik

Katı cisimlere uygulanan kuvvet, cismin dayanıklılığından büyükse cisim şekil değişimine uğrar, kırılır, eğilir veya kopar. Kuvvet cismin dayanıklılık değerinden küçük ise cisim esneyebilir ama kırılmaz veya kopmaz. Örneğin her asansör veya teleferikte en fazla kaç kilogram yük taşıyabileceğinin yazısı bulunur. Asansör ve teleferik bu yük değerini taşıyabilecek halatlarla (Görsel 2.2.2) bağlanmıştır. Belirtilen miktardan fazla yük yüklenirse bu tür taşıma sistemleri bozulur veya halatları kopar.

İnşaat yapımında esneme, kırılma kat sayıları uygun malzemeler kullanılarak binaların dayanıklılığı artırılır ve böylece fırtına, deprem gibi afetlerden zarar görmeleri engellenerek can kaybı önlenmeye çalışılır.

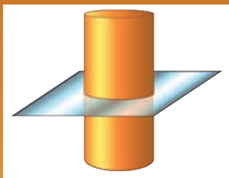
Dayanıklılık cisimlerin birden fazla niceliğine bağlıdır. Ünitenin bu bölümünde sadece cisimlerin kesit alanı ve hacimleri ile dayanıklılık ilişkisi kurulacaktır.

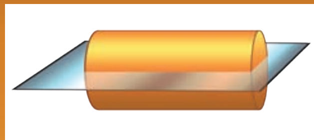


Görsel 2.2.3: Celsius Kütüphanesi

Dayanıklılık kesit alanı ile doğru orantılı olarak değişir. Bütün diğer fiziksel özellikleri sabit kalmak koşuluyla bir cismin dayanıklılığı kesit alanı ile doğru orantılıdır. Örneğin bir halatın kalınlığı arttırıldığında taşıyabileceği yük miktarı da artar. Binalarda taşıyıcı sütun adı verilen kolonların kalınlığı ve sayısı olması gerekenden az olursa binanın dayanıklılığı azalır, en ufak bir sarsıntıda yıkılabilir. Efes Antik Kenti'nde bulunan Celsius (Selsius) Kütüphanesi (Görsel 2.2.3) 6000 yıllık bir yapıdır. Dışarıdan iki katlı görünen kütüphanenin her katının ön cephesinde sekiz sütun kullanılmıştır. Mimarisinde yer alan sütunların dayanıklılığı sayesinde günümüze kadar gelen bu yapı Dünya Mirası olarak ilan edilmiştir.

Katı bir maddenin kesit alanı maddenin düz bir şekilde kesilmesiyle elde edilir. Kesit alanının şekli maddenin kesilme şekline bağlıdır. Örneğin silindirin kesiti daire, dikdörtgen ya da elips olabilir. Aşağıda silindirin kesit alanlarına yönelik örnekler verilmiştir.









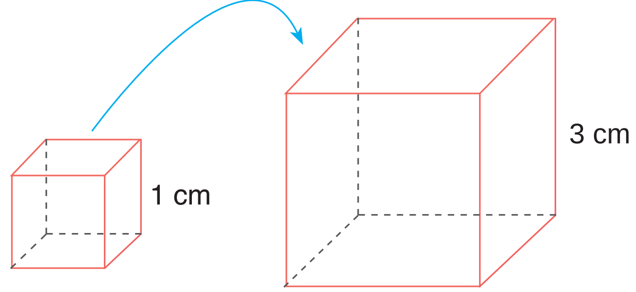
Bir küpün kesit alanı kare ya da dikdörtgen olabilirken kürenin kesit alanı bir dairedir.

Meraklısına Bilgi



Yelkencilik ve dağcılık sporunda kullanılan halatların sağlamlığı can güvenliği için çok önemlidir. Bu amaçla üretilen özel halatlar vardır. Bu halatların üretiminde kullanılan malzemelerden biri olan kevlar; çok hafif karbon kökenli, çok sağlam liflerden oluşan, düşük yoğunluklu, esnek, çekme ve sürtünmeye dayanıklı bir malzemedir. Gemileri kıyıya bağlamak için kullanılan halatların yapımında, paraşütlerde, uçak kanatlarında, madencilerin, itfaiyecilerin ve askerî pilotların giysilerinde de kevlar kullanılmaktadır.

“Boyutları arttırılan katı bir cismin kesit alanı ve hacmi nasıl değişir?” sorusunun cevaplanması için küp şeklinde bir cismin boyutlarının 3 kat artırılma durumu aşağıda incelenmiştir (Şekil 2.2.1).



Şekil 2.2.1: Boyutları üç kat artırılan küp

İlk durumda kenar uzunluğu 1 cm olan küpün kesit alanını bulmak için küpün bir yüzü olan karenin alanı hesaplanır ve

$$\text{Kesit Alanı}=1\text{ cm}.1\text{ cm}=1\text{ cm}^2$$

olarak bulunur. Aynı küpün hacmi ise

$$\text{Hacim}=1\text{ cm}.1\text{ cm}.1\text{ cm}=1\text{ cm}^3$$

olarak bulunur.

Küpün boyutları üç kat artırıldığında oluşan küpün kenar uzunluğu 3 cm, kesit alanı 9 cm^2 ve hacmi ise 27 cm^3 olur.

Küplerin ilk ve son durumlarının ayrıt, kesit alanı ve hacminin kıyaslanması Tablo 2.2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.2.1: Küplerin ilk ve son durumda ayrıt, kesit alanı ve hacim değerleri

	Küçük Küp	Büyük Küp
Kenar Uzunluğu (cm)	1	3
Kesit Alanı (cm^2)	1	9
Hacim (cm^3)	1	27

Tablo 2.2.1’de görüleceği üzere bir kenarının uzunluğu üç katına çıkan küpün kesit alanı 9 katına, hacmi ise 27 katına çıkmıştır. Kütle, hacim ile doğru orantılıdır. Bu nedenle küpün kütlesi de 27 katına çıkmış olur.

Katı cisimlerin dayanıklılığı kesit alanının hacmine oranı ile doğru orantılıdır. Dayanıklılığın matematiksel gösterimi,

$$\text{Dayanıklılık} \propto \frac{\text{Kesit alanı}}{\text{Hacim}}$$

şeklindedir. Boyutları üç katına çıkarılan küpün hacmindeki artış kesit alanındaki artıştan fazla olduğu için küpün dayanıklılığı azalır. Bu durum boyutları eşit oranda arttırılan cisimlerin dayanıklılığı azalır şeklinde genellenebilir.

Bazı geometrik cisimlerin kesit alanı/hacim oranı Tablo 2.2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2.2: Bazı geometrik cisimlerin kesit alanı/hacim oranı

	Küp (a, a, a)	Dikdörtgenler Prizması (a, b, c)	Silindir (h, r, O)	Küre (r, O)
Kesit Alanı	a^2	a.c	$\pi.r^2$	$\pi.r^2$
Hacim	a^3	a.b.c	$\pi.r^2 . h$	$\frac{4}{3}\pi.r^3$
$\frac{\textbf{Kesit Alanı}}{\textbf{Hacim}}$	$\frac{1}{a}$	$\frac{1}{b}$	$\frac{1}{h}$	$\frac{3}{4r}$

Tablo 2.2.2'den görüldüğü gibi küre dışındaki cisimlerin dayanıklılığı yüksekliğe bağlı olarak değişmektedir. Prizmalarda (küp, kare ve dikdörtgenler prizması) ve silindirde yükseklik arttıkça dayanıklılık azalmaktadır.

Eşit hacimli kapalı geometrik şekilli cisimlerden yüzey alanı en küçük, kesit alanı en büyük olan cisim küredir. Sıvılar yüzey alanlarını en küçük seviyeye getirme eğilimindedir. Örneğin musluktan damlayan su damlası, kaşıktan damlayan bal, yağmur damlaları ve yaprakların üzerinde kalan su damlaları küresel şekildedir.

ÖRNEK SORU

Uzunluğu 6 cm, genişliği 4 cm ve yüksekliği 10 cm olan dikdörtgenler prizmasının yüksekliği iki katına çıkarıldığında prizmanın dayanıklılığı nasıl değişir?

ÇÖZÜM

Dayanıklılık yükseklikle ters orantılıdır. Buna göre dikdörtgenler prizmasının yüksekliği iki katına çıkarıldığında dayanıklılığı yarıya iner.

ÖRNEK SORU

Yarıçapları sırasıyla r ve 4r olan iki kürenin dayanıklılıkları sırasıyla D_r ve D_{4r}'dir.
Buna göre D_r/D_{4r} oranı kaçtır?

ÇÖZÜM

Kürenin dayanıklılığı
$D_{küre}=3/4r$ şeklindedir. Buna göre,
$D_r=3/4r$
$D_{4r}=3/4(4r)=3/16r$ olur.
$D_r/D_{4r}=(3/4r)/(3/16r)=4$ sonucu elde edilir.

SIRA SİZDE 23

Bir kare prizmanın taban boyutları 2 kat artırılıp yüksekliği yarıya indirilirse prizmanın,
a) Hacmi
b) Kesit alanı
c) Kesit alanı/hacim oranı
nasıl değişir?

Meraklısına Bilgi



İki boyutlu şekiller arasında dayanıklılığı yüksek olan şekil üçgendir. Dört eşit büyüklükte üçgen yüzeye sahip olan piramitlerin tabanı kare şeklindedir. Köşeleri tepede bir noktada birleşir. Dış şartlara karşı oldukça dayanıklı bir yapıya sahip olan piramit şeklindeki yapılara en güzel örnek Mısır piramitleridir.

Makineler, elektronik eşyalar, binalar, gemi, araba ve uçaklar gibi günlük yaşamda kullanılan daha pek çok şey kuvvetlere maruz kalır. Bu kuvvetlere dayanıklı olarak tasarlanmaları hayati ve ekonomik önem taşımaktadır.



Görsel 2.2.4: Galileo'nun eserinde bulunan yük taşıyan kiriş resmi

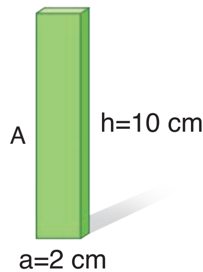
Galileo Galilei mekanik üzerine yazdığı kitabında katı cisimlerin dayanıklılığını inceleyerek yük taşıyan bir kirişin (Görsel 2.2.4) uzunluğu arttıkça kalınlığı ve yüksekliğinin ne oranda artacağını hesaplamıştır.

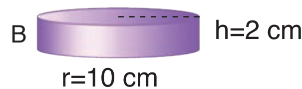
Galileo, katı cisimlerin dayanıklılığını kendi keşfi olan **Küp Kök Yasası** ile açıklamıştır. Bu yasaya göre katı bir cismin boyutları arttırıldığında hacmi, boyut artışının küpü kadar artmaktadır. Katı bir cismin dayanıklılığı, boyut değiştirme oranı ile ters orantılıdır. Cismin boyutları artarsa dayanıklılık azalır, boyutları azalırsa dayanıklılık artar.

Herhangi bir varlığın boyutları ölçekli olarak artırıldığında, ağırlığı dayanıklılığından daha fazla arttığı için dayanıklılığı azalır. Dayanıklılık prensibi şekli ne olursa olsun tüm katılar için geçerlidir. Galileo kitabında dayanıklılık ile ilgili olarak mukavemetten bahsetmiştir. Mekaniğin bir alt dalı olan "mukavemet bilimi" cisimlerin yük etkisi altındaki davranışlarını inceler. İlk bilimsel çalışmaları Galileo tarafından yapılan mukavemet bilimi günümüzde inşaat, makine, uçak, endüstri mühendisliği gibi birçok mühendislik dalının temel uygulama alanıdır.

SIRA SİZDE 24

Aynı maddeden yapılmış A ve B cisimlerinin boyutları şekilde verilmiştir.





A kare prizmasının dayanıklılığı D_A, B silindirinin dayanıklılığı D_B'dir.
Buna göre D_A/D_B oranı kaçtır?

ADEZYON VE KOHEZYON

2.3

Bu Bölümde Öğrenilecek Anahtar Kavramlar

Adezyon
Kohezyon
Yüzey gerilimi
Kılcallık



Kendi kendini temizleme özelliğine sahip olan lotus çiçeği birçok inanışta saflığın sembolü olarak kabul edilmektedir. Bitkinin yüzeyinde bulunan çok küçük yapılar sayesinde yaprakları ıslanmamaktadır. Yapraktaki su damlacıkları toprağa doğru kayarken üzerindeki tozu, çamuru, böcekleri ve diğer kirleri beraberinde taşımaktadır. Bilim insanları lotus bitkisinin bu özelliğinden yola çıkarak suyu iten, kendi kendini temizleyebilen akıllı yüzeyler geliştirmektedir. Akıllı yüzeyler nanoteknoloji sayesinde hayatımıza giren nano malzemelerden biridir. Sileceklere gerek duyulmayan otomobil camları, kirlenmeyen ve ıslanmayan kumaşlar, buğulanmayan banyo aynaları, kendi kendini temizleyen bina dış cepheleri günlük hayatımıza giren uygulamaların sadece birkaçıdır. Suyu sevmeyen ve iten kumaşlardan üretilmiş tekstil ürünlerinde ıslanma, kirlenme gibi durumlar engellenmiş, dolayısıyla yıkama ve tekrar ütüleme ihtiyacı en aza indirilmiş olacaktır. Akıllı yüzeylerin yaygınlaşması ile hayatımız oldukça kolaylaşacak gibi görünmektedir. Temizlikle yıpranmayan eşyaların ömrü uzayacak, su ve deterjan masrafı olmayacaktır. Bu sayede hayatın kaynağı sayılan sudan tasarruf edilmesi sağlanacaktır.

Cıva damlaları yere düştüğü anda küresel parçacıklar hâlinde dağılırken küresel olan yağmur damlaları yere düşünce şeklini neden kaybeder?
Ebru sanatında boyaların su yüzeyinde durması ve sudaki boyanın kâğıda yapışmasını sağlayan etki nedir?
Suyun teflon kapları ıslatmama sebebi nedir?

Bu soruların ve konuyla ilgili akla gelebilecek diğer soruların cevaplarına ünitenin bu bölümünde yer verilecektir. Yapışma (adezyon), birbirini tutma (kohezyon), yüzey gerilimi ve kılcallık olayları üzerinde durulacak ve günlük hayattan örneklerle açıklanacaktır.

2.3.1 ADEZYON VE KOHEZYON KAVRAMLARI



Görsel 2.3.1: Akarsu

Katı maddelerin aksine dış kuvvetlere karşı çok az direnç gösteren, kolaylıkla şekil değiştirebilen, akabilen (Görsel 2.3.1) maddeler **akışkanlar** olarak tanımlanır. Sıvılar ve gazlardan oluşan akışkanlar hangi kaba konulursa o kabın şeklini alır. Sıvı olmadıkları hâlde sıvı gibi akıp giden katı maddeler de bulunmaktadır. Tuz, toz şeker, çay, ince kum, toz deterjan, pirinç, baharat gibi katı maddeler tıpkı akışkanlar gibi konuldukları kabın şeklini alırlar, bir kaptan başka bir kaba aktarılabilirler. Bu tür katı maddelerin akışkan gibi davranmalarının sebebi çok küçük taneciklerden (Görsel 2.3.2) oluşmalarıdır.

Sıvıların belli bir şekle sahip olmaması onların sabit hacmi olmadığı anlamına gelmez. Sıvı molekülleri arasındaki kuvvetler, sabit bir şekil kazandırmasa da belirli bir hacim kazandırır.

Sıvılar üzerine bir kuvvet uygulandığında sıvı moleküllerini bir arada tutan çekme kuvveti, itme kuvvetine dönüşür ve sıvı tanecikleri birbirlerine yaklaştırılamaz. Sıvıların hacimlerini küçültmek üzere yapılan işlemlerde büyük bir dirençle karşılaşılır. Bu özellikleri nedeniyle sıvılar günlük hayatta sıkıştırılmaya elverişli değildir. Sıvıların sıkışma kabiliyeti yok denecek kadar azdır.



Görsel 2.3.2: Baharatlar

Maddenin en düzensiz hâli olarak bilinen gazların akışkanlığı oldukça yüksektir. Gazlar, sıkıştırılabilen akışkanlar olarak da ifade edilir. Katı ve sıvılara oranla enerjileri oldukça yüksek olan gazlar en küçük bir dış etkiyle sınırsız ve sürekli olarak şekil değiştirebilir. Gazlara örnek olarak hava, buhar, oksijen, helyum ve hidrojen verilebilir. Gaz molekülleri serbestçe hareket ettiği için bulundukları kabın tamamına yayılır ve bulundukları kabı tamamen doldurur. Gazlar, büyük bir sıkışma ve genleşme kabiliyetine sahiptir. Sıvılar sıkışmaya karşı direnç gösterdikleri hâlde gazlar sıvılar kadar direnç göstermez.

Fiziğin alt dallarından mekanik ve termodinamik yasalarının üzerine kurulmuş olan akışkanlar mekaniği duran ve hareket hâlindeki akışkanların davranışını inceler. Akışkanların durması vaya hareket etmesi sonucu oluşan etkiler günlük hayatımızla iç içedir. Yağmurun yağmasından topraktaki suyun ağaçlara taşınmasına, musluktan damlayan sudan matbaada kullanılan mürekkebin hazırlanmasına, süpersonik uçaklardan ıslanmayan kumaşlara kadar daha pek çok yerde akışkanlara ve akışkanlara ait özelliklere rastlanır. Adezyon, kohezyon, yüzey gerilimi ve kılcallık bu olayların gerçekleşmesini sağlayan akışkan özellikleri arasında bulunur.

Yıkanmış kumaşlara bakıldığında içindeki su görünmez ama kumaş sıkıldığında su molekülleri birbirine tutunur, damlalar oluşturarak akar (Görsel 2.3.3). Damlaların oluşmasının sebebi, su molekülleri arasındaki çekim kuvvetidir. Kumaşın sıkılmasına rağmen nemli kalmasının sebebi ise kumaş dokusuna tutunan su molekülleridir. Aynı ve farklı cins moleküllerin birbirine uyguladıkları kuvvetler sırasıyla kohezyon (birbirini tutma) ve adezyon (yapışma) şeklinde gruplandırılmaktadır. Her ikisi de elektriksel kuvvetler etkisiyle oluşan kuvvetlerdir. Bu kuvvetler maddelerin bazı yapısal özelliklere sahip olmalarını, etki derecesine göre belirli bir şekil ve hacim almalarını sağlar.

Meraklısına Bilgi



Atom, iyon veya moleküllerin rastgele yığıldığı katılara amorf katı adı verilir. Amorf katılar sert ve sıkıştırılamaz olması ile diğer katılara, başka özellikleri ile de sıvılara benzer. Amorf katı olan camın oda sıcaklığında akışkanlık hızı sıfıra yakındır. Cam ısıtıldığında önce yumuşar, sıcaklık arttırıldıkça akıcılığı artar ve sıvı özelliği gösterir. Bilim insanlarının açıklamalarına göre camın oda sıcaklığında kendi kendine akması için milyarlarca yıl geçmesi gerekmektedir. Tereyağ, lastik ve plastik amorf katılara örnek verilebilir.



Görsel 2.3.3: Islak kumaşın sıkılması

1. Adezyon

Farklı cins moleküllerin birbirine yapışmasını sağlayan çekim kuvvetine **adezyon (yapışma)** denir. Örneğin yıkanan bir bardağın üzerinde su damlacıkları kalır. Bardak ve su damlası arasında oluşan adezyon sayesinde su damlası bardağa tutunur. Yağmur sonrası camların, arabaların, saçların ıslanması, bir çiçeğin veya yaprağın üzerine su damlacıklarının yapışması (Görsel 2.3.4) adezyon kuvvetinin etkisiyle gerçekleşir.



Görsel 2.3.4: Çiçek üzerindeki su damlaları


Görsel 2.3.5: Tahta ve bal arasındaki adezyon etki

Adezyonun sıvı-katı moleküllerinin arasında gerçekleşmesi sonucunda, sıvı madde ile katı madde birbirine yapışır. Adezyon ile ilgili olarak günlük hayattan bazı örnekler aşağıda sıralanmıştır:

- çay bardağı tabaktaki sudan dolayı çay tabağına,
- balın bal kavanozundan çıkarılan tahta kaşığa (Görsel 2.3.5),
- denizden çıktıktan sonra su damlacıklarının vücuda,
- boyanın duvara, boyadan çıkarılan fırça tüylerinin birbirine yapışması.


Görsel 2.3.6: Zeytinyağı kapları

Bir sıvının molekülleri ile içinde bulunduğu kabın molekülleri arasındaki adezyon sayesinde sıvılar bulundukları kaba tutunur ve kabın şeklini alırlar. Zeytinyağı (Görsel 2.3.6), süt, deterjan, şampuan, benzin gibi sıvıların bulundukları kabın şeklini alması, kabın çeperlerine tutunması adezyon etkisiyle gerçekleşir.

Yağmur damlalarının tozlu ve kirli yüzeylere daha çok yapışmasının nedeni bu yüzeylerdeki adezyonun temiz yüzeylere göre daha büyük olmasıdır.

Katı maddeler arasında da adezyon etkileri görülür. Tozların mobilyaya (Görsel 2.3.7), arabalara, bilgisayar üzerine; toz boyaların duvara; unun ele; pudranın yüze ve deniz kumunun ayaklara yapışması adezyon etkisine verilecek örneklerdendir.

Adezyonun şiddeti birbirine temas eden maddelerin cinsine bağlıdır. Örneğin teflon tavaların ıslanmamasının nedeni, su ile teflon arasındaki adezyon kuvvetinin çok küçük olmasıdır. Toprak kapların su ile adezyonunun yüksek olması, iç yüzeylerinin ıslanmasının temel nedenidir.

Yapıştırıcılar birleştirilmek istenen yüzeylerin cinsine göre çeşitlilik gösterir. Kâğıt, metal, ahşap, plastik, seramik ve mermer gibi yüzeylerde farklı cins yapıştırıcılar kullanılır.


Görsel 2.3.7: Tozlu mobilya

2. Kohezyon

Farklı cins maddelerin atomları ve molekülleri arasında olduğu gibi bir maddenin kendi atomları ve molekülleri arasında da çekim kuvveti vardır. Aynı cins atomların ya da moleküllerin kendi aralarındaki çekim kuvvetine **kohezyon (birbirini tutma)** denir. Kohezyon kuvveti katılarda büyük, sıvılarda küçük, gazlarda ise ihmal edilecek kadar küçüktür. Bu kuvvetin etkisiyle katılar sabit bir şekle ve hacme, sıvılar da sabit bir hacme sahiptir. Gazların ise sabit bir şekli ve hacmi yoktur. Kohezyonun büyüklüğü katılara katı özelliğini, sıvı ve gazlara da akışkanlık özelliğini kazandırır.

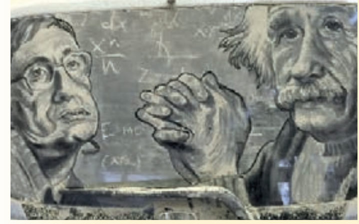
Bir şişedeki süt moleküllerinin, deniz ve okyanuslardaki suların, araba deposundaki benzinin, içtiğimiz çayın bir arada durmasını sağlayan kuvvet kohezyondur. Bir yüzeyde birbirine yakın olan su damlalarına kürdanın ucuyla dokunulduğunda damlaların birleşerek büyük bir su öbeği hâline gelmesi, kohezyon kuvvetlerinin etkisiyle oluşur. Doğada kohezyonun en güzel örneği su damlasıdır. Su damlasının küresel bir yapıda dağılmadan durması, sıvı-sıvı moleküllerinin birbirini çekmesi sonucunda oluşur.

Kohezyon maddenin cinsine göre değişir. Su molekülleri arasındaki kohezyon, cıva molekülleri arasındaki kohezyondan daha küçüktür. Cıva hangi yüzeye düşerse düşsün küresel bir şekil alır. Yağmur damlaları ise küre şeklinde yağmalarına rağmen yere düştüklerinde yüzeye yayılır, küreselliklerini kaybeder. Bunun nedeni cıva molekülleri arasındaki kohezyon kuvvetinin su molekülleri arasındaki kohezyon kuvvetinden büyük olmasıdır.

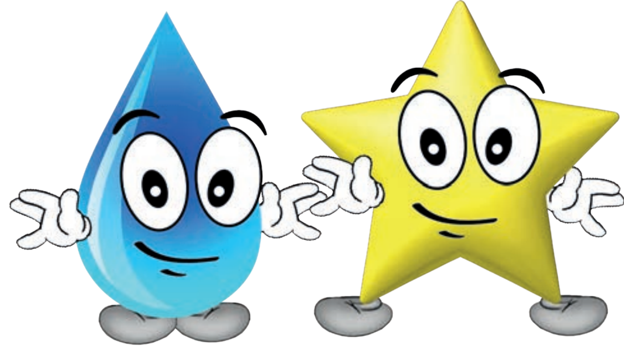
Metal bir kaşık kıvamlı kek hamuruna batırılıp çıkarıldığında çok miktarda hamur kaşığa yapışır. Aynı kaşık temizken suya batırılıp çıkarıldığında ise kaşığa az miktarda suyun yapıştığı görülür. Bu kaşık cıvaya batırıldığında ne olur?

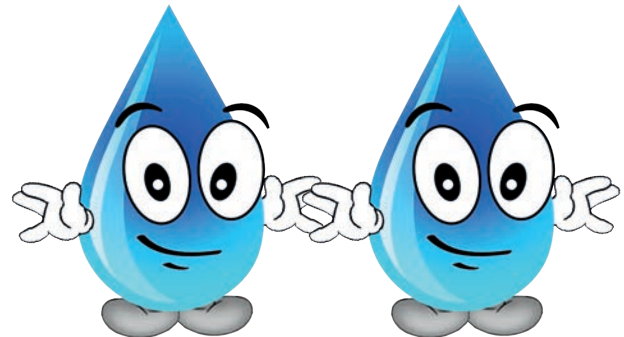
Sıvıların başka bir maddeye yapışması adezyon ve kohezyon (Görsel 2.3.8) etkisiyle gerçekleşir. Hamur ve kaşık arasındaki adezyonun, hamur moleküllerinin arasındaki kohezyonun büyük olması sonucunda kaşığa çok miktarda hamur yapışır. Benzer durum bal, tahin, pekmez gibi sıvılar için de geçerlidir. Su ve kaşık arasındaki adezyon, hamur ve kaşık arasındaki adezyondan daha küçük olduğu için su kaşığa daha az yapışır. Kaşıkların hamura daldırılmadan önce suya batırılması, dondurma kaşığının ıslatılarak kullanılması veya yüzeydeki çimento harcının düzeltilmesi için malanın ıslatılmasının nedeni budur.

Meraklısına Bilgi



Günümüzde arabalara yapışan tozlar üzerine resim yapan Scott Wade'in (Skat Veyt) eserleri oldukça ilgi görmektedir. Adezyon sonucu arabalara yapışan tozların üzerine resim yapılmasına "kirli araba sanatı" adı verilmektedir.





Görsel 2.3.8: Adezyon ve kohezyon illüstrasyonu

Adezyon > Kohezyon Kohezyon > Adezyon

Şekil 2.3.1: Adezyon ve kohezyon

Herhangi bir sıvının katı bir yüzeyi ıslatıp ıslatmayacağı sıvı molekülleri arasındaki kohezyon ile sıvı molekülleriyle katı yüzeyi (kap) oluşturan atom ya da moleküller arasındaki adezyonun büyüklüğüne bağlıdır. Cıva molekülleri arasındaki kohezyon büyük olduğu için cıva kumaşa ya da katı bir yüzeye döküldüğü zaman yüzeyi ıslatmaz. Su molekülleri için durum tam tersidir. Su adezyonu yüksek, kohezyonu düşük bir sıvıdır. Su moleküllerinin adezyonu büyük olduğu için bulunduğu yüzeyi kolaylıkla ıslatabilir. Bu özelliğine rağmen suyun ıslatamadığı maddeler de vardır. Örneğin teflondan yapılmış kaplarda kohezyon etkisi adezyondan büyük olduğu için su teflonu ıslatmaz.

Temas ettiği yüzeyi ıslatan sıvıların yüzeyi çukur olur (Şekil 2.3.1). Bunun nedeni sıvı ile katı madde arasındaki adezyonun sıvı molekülleri arasındaki kohezyondan büyük olmasıdır (adezyon>kohezyon). Temas ettiği yüzeyi ıslatmayan sıvıların yüzeyi ise tümsek olur (Şekil 2.3.1). Böyle sıvılarda kohezyon> adezyon ilişkisi vardır.

ÖRNEK SORU

Aşağıda verilen örneklerden hangileri adezyon veya kohezyon ile ilgilidir?

I. Yağmurda saçımızın ıslanması
II. Sıvı damlalarının oluşması
III. Tozların yüzümüze yapışması
IV. Tahinin kaşığa yapışması
V. Musluktan suyun akması

ÇÖZÜM

Adezyon farklı cins maddelerin moleküllerinin birbirini tutmasıdır. Buna göre I, III, IV adezyon etkisiyle oluşur.
Kohezyon aynı cins moleküllerin birbirini tutmasıdır. Buna göre II, V kohezyon etkisi ile oluşur.

ÖRNEK SORU

Muslukta asılı duran su damlası verilmiştir.

A
B

Buna göre
Bu su damlasında gösterilen A noktasında ....(I). etkisi, B noktasında ....(II). etkisi vardır. Musluktan ayrılan su damlasının bir bütün olarak damlaması ....(III)etkisi ile gerçekleşir.
cümlelerde yer alan I, II ve III numaralı boşlukları uygun ifadelerle doldurunuz.

ÇÖZÜM

Muslukta asılı duran su damlasının A, B noktalarında ve musluktan ayrıldığı noktadaki etkiler aşağıdaki gibi olur.

I. Adezyon

II. Kohezyon

III. Kohezyon

SIRA SİZDE 25

Kontak lenslerin göze yapışmasını açıklayınız.

SIRA SİZDE 26

Aşağıda verilen olayların adezyonla mı, kohezyonla mı ilişkili olduğunu belirleyiniz ve ilgili kutucuğa √ (tik) atınız.

	Adezyon	Kohezyon
a) Suyun cama yapışması	☐	☐
b) Boyadan çıkan fırçanın uçlarının yapışması	☐	☐
c) Yağmur damlalarının küresel olması	☐	☐
ç) Islak saçların birbirine yapışması	☐	☐
d) Hortumdan suyun ip gibi akması	☐	☐
e) Tabağın mutfak tezgahına yapışması	☐	☐
f) Çaydanlıktan çayın akması	☐	☐
g) Sıkılan ıslak kazaktan suyun akması	☐	☐

SIRA SİZDE 27

Yüzümüzü yıkadıktan sonra havlu ile kurularız.
Buna göre
I. yüzümüzün ıslanması,
II. yüzümüzde su damlalarının durması,
III. havlunun yüzümüzdeki suyu alması
olaylarını adezyon ve kohezyon kuvvetleriyle ilişkilendiriniz.

Yüzey Gerilimi

Su üzerinde yürümek ve sudan ıslanmamak insanlar için henüz imkânsız gibi görünse de bazı canlılar için oldukça doğal bir eylemdir. Basilisk kertenkeleleri, sivrisinekler, Gerid böcekleri, cüce kök kurdu böceği, balıkçı örümcekler gibi bazı canlılar hiç ıslanmadan suyun üstünde durabilme yeteneğine sahiptir.

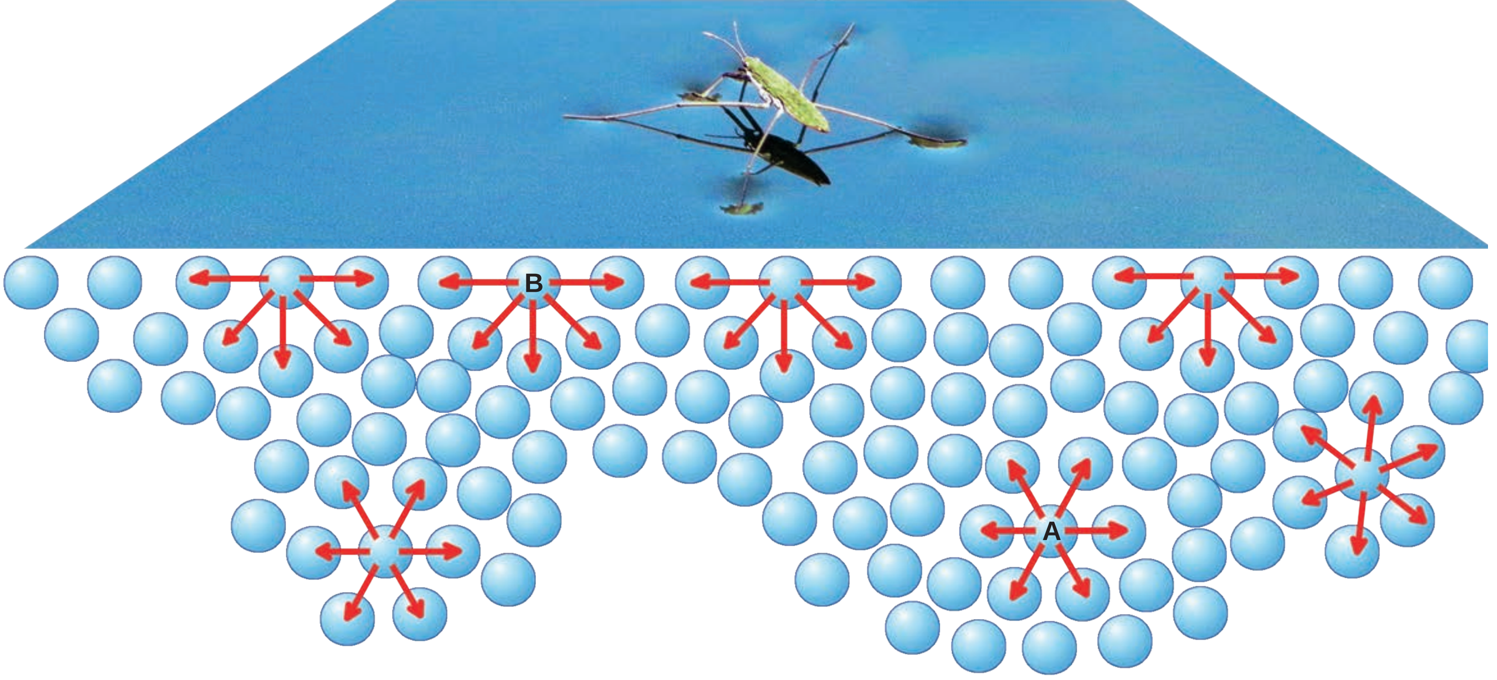
Ağzına kadar sıvı ile dolu bir bardağa su seviyesinden bakıldığında suyun yüzeyinin esnek bir zar gibi hafif bombeli durduğu görülür. Durgun sıvıların yüzeyinin, moleküller arasındaki gerilme kuvvetinin etkisiyle esnek bir zar gibi görünmesine **yüzey gerilimi** denir. Bardakta bulunan sıvı molekülleri arasındaki çekim kuvveti (kohezyon), sıvı yüzeyine etki eden hava molekülleri arasındaki çekim kuvvetinden (adezyon) daha büyük olduğu için sıvı yüzeyi gergin bir zar gibi görünür. Bu fark yüzey gerilimidir. Bardaktaki sıvı yüzey geriliminin etkisiyle dökülmeden dururken bir damla sıvı eklenirse esnek zar görüntüsü bozulur ve sıvı bardaktan taşar.

Meraklısına Bilgi



Durgun suda yaprağı çekerken bir miktar su yaprakla beraber hareket eder. Burada yaprak-su arasında adezyon ancak su yüzeyine yakın bölgelerdeki molekülleri etkilediği için su da yaprakla birlikte sürüklenir.

Sıvı yüzeyinin neden gergin ve esnek bir zar gibi davrandığı, sıvı yüzeyindeki moleküllere etki eden kohezyon kuvveti ile açıklanabilir.



Görsel 2.3.9: Suda yüzey geriliminin temsili

Görsel 2.3.9'daki gibi su içindeki bir A molekülü, çevresindeki komşu moleküllerin uyguladığı kuvvetler tarafından her yöne eşit olarak çekilir. Yüzeyde bulunan B molekülüne yukarı doğru etki eden güçlü bir kuvvet olmadığı için B molekülü sadece aşağı ve yanlara doğru çekilir. Sıvının yüzeyinde bulunan tüm moleküller aşağı ve yanlara doğru çekilince sıvı yüzeyi esnek bir zar gibi gerilir. Bir sıvının yüzeyindeki esnekliğin ölçüsü olan yüzey gerilimi yüzeydeki moleküllere etki eden kuvvetler dengelenemediği için oluşur. Yüzeyde sıvı-sıvı molekülleri arasındaki kohezyondan, sıvı-gaz molekülleri arasındaki adezyondan daha büyüktür. Bu sıvı düz bir yüzey üzerinde ise yüzeyi yarım küre şeklini alarak kıvrılır.



Görsel 2.3.10: Su damlaları

Yüzey gerilimi, sıvı yüzeyinin birim uzunluğunu gergin tutan kuvvettir. Gazlarda söz konusu olmayan yüzey gerilimi sıvı ve katılara özgü bir kavramdır. Musluktan damlamak üzere olan su damlası veya bir çiçeğin yaprağına asılı duran çiy damlasının görünümü su ile dolu küçük cam kürecikler gibidir (Görsel 2.3.10). Moleküller arasındaki çekim kuvvetinden kaynaklanan gerilme etkisiyle bu damlalar, cam küreciklere benzer.

Neden musluk ucundan düşen bir su damlası küre şeklindedir? Moleküller arası kuvvetleri yani kohezyonu büyük olan sıvıların yüzey gerilimi de büyüktür. Su, molekülleri arasında bulunan güçlü bağlardan dolayı birçok sıvıya göre yüksek yüzey gerilimine sahiptir. Bu çekim kuvveti sayesinde moleküller, bir araya gelme ve en küçük dış yüzeyi oluşturma eğilimi gösterir. Eşit hacimli geometrik yapılar arasında en küçük yüzeye sahip ve en dayanıklı şekil küre olduğu için su damlaları küresel şekil alır. Küresel şekle sahip su damlasının muslukta (Görsel 2.3.11) asılı kalması adezyon kuvvetinin etkisi ile olur. Damlanın ağırlığı, musluk ile damla arasındaki adezyon kuvvetinden büyük olursa damla musluktan düşer.



Görsel 2.3.11: Muslukta asılı kalan su damlası

Sıvıların yüzey gerilimi sayesinde sudan daha yoğun olan çelik bir ataç, jilet veya çengelli iğne (Görsel 2.3.12) rahatlıkla su yüzeyinde batmadan durabilir. Suya yavaşça bırakılan bir çengelli iğnenin su üzerinde batmadan durması suyun kaldırma kuvvetinden dolayı değil, su moleküllerinin yüzeyde oluşturduğu gerilimin etkisindendir. Su üzerinde duran cisim veya böceğin suyla temas ettiği yerde suyun içe doğru esnemesi, su ile üzerindeki cisim veya böcek arasındaki denge hâlidir. Eğer çengelli iğne suya dik olarak bırakılırsa denge kurulmaz, yüzey gerilimi bozulur ve iğne suya batar.



Görsel 2.3.12: Su yüzeyindeki çengelli iğne

Yüzey Gerilimine Etki Eden Faktörler

Maddelerin atomik özellikleri ve bağ yapıları birbirinden farklı olduğu için her maddenin yüzey gerilimi farklıdır. Bu nedenle yüzey gerilimi ayırt edici bir özelliktir ve her sıvının kendine ait bir yüzey gerilimi kat sayısı vardır. Yüzey gerilimine etki eden faktörler aşağıdaki gibidir.

I. Maddenin cinsine bağlı olan yüzey gerilimine etki eden faktörlerden biri sıcaklıktır. Yüzey gerilimi sıcaklıkla ters orantılıdır. Sıcaklığı artan bir maddenin yüzey gerilimi azalır. Madde soğudukça yüzey gerilimi artar. Sıcak çorba, puding veya sütün soğuma sürecinde yüzey gerilimi artacağından yüzeyde kohezyon kuvvetinin de etkisiyle yağ molekülleri kaymak gibi bir tabaka oluşturur.

II. Bir sıvı üzerine etki eden gazın basıncı artırıldığında sıvının yüzey gerilimi azalır.

III. Yüzey gerilimi düşürülmek istenen sıvıya bu sıvıda çözünmeyen farklı bir sıvı eklendiğinde yüzey gerilimi azalır. Sıvı yüzeyindeki moleküllerin diğer sıvı molekülleriyle yaptığı etkileşimden dolayı yüzey gerilimi düşer. Eklenen sıvı, diğer sıvı ile tamamen karışabiliyorsa aralarında yüzey gerilimi yoktur.

Meraklısına Bilgi



Yazı, şekil, grafik ve resimlerin gerçeğe en yakın biçimde, bir yüzey üzerine çoğaltılması ve hızlı olarak aktarılması işlemine baskı denir. Nemlendirme sistemli ofset baskı suyunun mürekkep içerisindeki yağ ile birbirine karışmaması prensibine dayanır. Baskı işleminde kullanılan ofset boyalarının yüzey gerilimleri birbirine çok yakındır. Ofset suyuna farklı maddeler ilave edildiğinde yüzey geriliminde büyük farklılıklar görülür. Suya alkol ilavesi suyun yüzey gerilimini düşürerek kalıbın homojen bir şekilde ıslanmasını sağlar.

Denizden çıkınca duş alınmadığında ciltte gerilme ve kaşınma olur. Bunun sebebi, tuzdan dolayı suyun yüzey geriliminin yüksek olmasıdır. Yüzey gerilimi yüksek olan tuzlu suyun ciltte kuruması gerilmeye sebep olur. Yüzey gerilimi tuzlu sudan düşük olan su ile duş alınınca bu etki yaşanmaz.

IV. Yüzey gerilimi sıvının yoğunluğuna bağlı olarak değişir. Molekül sayısı arttıkça kohezyon kuvveti ve dolayısıyla yüzey gerilimi artar.



Görsel 2.3.13: Çeşitli sabunlar

Bunun yanı sıra sıvıların içerisinde çözündüğü hâlde yüzey gerilimini etkilemeyen maddeler de vardır. Şeker, gliserin gibi maddeler bu tip maddelere örnek olarak verilebilir.

Sıvı içerisinde çözünen bazı maddeler ise yüzey gerilimini azaltır. Etil alkol, sabun (Görsel 2.3.13), sirke, kül, deterjan gibi ürünler bu tip maddelere örnek olarak verilebilir. Sıvılarda yüzey geriliminin azalması, sıvıların diğer maddeleri daha iyi ıslatmasını ve kire daha fazla nüfuz etmesini sağlar. Temizlikte kullanılan suyun maddeler içine iyice işlemesi, kirleri arındırabilmesi için yüzey gerilimini düşüren maddeler eklenir. Bu nedenle çamaşır ve bulaşık yıkanırken ev temizliğinde, kişisel bakımda bu tür ürünler kullanılır.

ÖRNEK SORU

Aşağıda verilen durumlardan hangileri yüzey gerilimi ile ilgilidir?

I. Örümceğin tavanda asılı kalması
II. Dikiş iğnesinin su üzerinde batmadan durması
III. Sineğin su üzerinde batmadan durması
IV. Gemilerin suda yüzmesi

ÇÖZÜM

Yüzey gerilimi sıvı yüzeyindeki tanecikler arasında oluşan kohezyon etkisi sonucu oluşan bir özelliktir.
Buna göre, II ve III'te verilen durumlar yüzey gerilimi ile ilgilidir.

SIRA SİZDE 28

Basilisk kertenkelesi su üstünde yürüyebilen bir canlıdır. Tabloda verilen bilgilere göre,

a) Basilisk kertenkelesinin, su dışında, üzerinde yürüyebileceği sıvı veya sıvılar nelerdir? Yorumlayınız.

b) Su içerisine hangi sıvı eklenirse Basilisk kertenkelesi su üzerinde daha rahat yürür? Nedenini açıklayınız.



Sıvı	Yüzey Gerilimi (mili-Newton*/metre)
Etanol	22,3
Metanol	22,6
Aseton	23,7
Asetik asit (sirke asidi)	27,6
Zeytinyağı	35,8
Gliserol	63,0
Su	72,9
Cıva	486,5

*mili-Newton=Newton/1000

SIRA SİZDE 29

Kenan bir resim fırçasını suya batırıp çıkardığında fırçanın kıllarının birbirine yapıştığını, fırçayı bir süre kurumaya bıraktığında kılların birbirinden ayrıldığını gözlemliyor. Kenan'ın gözlemlediği bu olayda yüzey gerilimi ile ilgili yapabileceği doğru açıklama ne olmalıdır?

KILCALLIK



Görsel 2.3.14: Islak pantolon paçaları

Yağmurlu bir günde yürürken pantolon paçalarının uçlarından ıslanması (Görsel 2.3.14) ve bir süre sonra bu ıslaklığın yukarı doğru tırmanması olağan bir durumdur. Herhangi bir cismin yüzeyi ile temas eden su, cismin bünyesinde yayılır veya yukarı kısımlara doğru çıkar.

Meraklısına Bilgi



Tropikal yağmur ormanları 40-60 m boyunda ağaçlardan oluşan ve bütün yıl yeşilliğini koruyan bir ormandır. Toprak suyunun bu kadar yüksek ağaçlar tarafından emilmesinde kılcallık olayı da önemlidir. Bitkilerin gövdelerinde çok sayıda ince uzun iletim borusu vardır. Bunlar yapraklara kadar uzanır. Kılcallık olayı sayesinde su kılcal borularda yükselir (adezyon kuvveti, borucukların çeperleri su moleküllerini çeker.). Bitkilerde topraktan alınan suyun 40 m yükseğe çıkmasında atmosfer basıncı ile bitkinin iç basıncı arasındaki farkın rolü de önemlidir.

Bu olay kılcal kanallara sahip cisimlerde gerçekleşir. Kılcal yapılı cisimlerin bir yüzeyi suya değerse su zamanla cisim içinde ilerlemeye başlar.

Bir sıvı ile bir maddenin molekülleri arasındaki çekim kuvvetinin, sıvının kendi molekülleri arasındaki çekim kuvvetinden daha büyük olması sonucu gerçekleşen etkiye **kılcallık** denir.

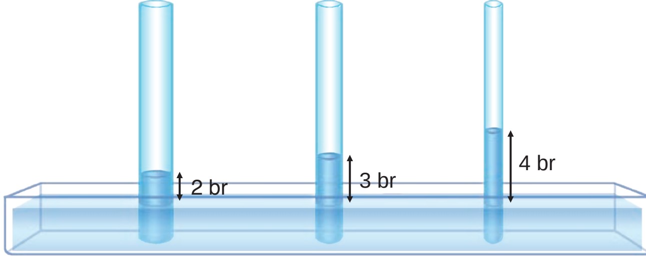
Bir sıvının küçük kesitli (1 mm'den küçük) borularda yükselmesi ya da alçalmasında gerçekleşen olay kılcallık etkisiyle oluşur. Küçük çaplı cam borulara **kılcal borular** denir. Kılcal borular sıvı dolu bir kaba batırıldığında borularda kaptaki sıvının yukarı ya da aşağı doğru hareket ettiği gözlenir. Kılcallık olayı, adezyon ve kohezyon kuvvetleri ile sıvıların yüzey geriliminden kaynaklanır.

Ağaç gibi yüksek yapılı bitkilerin kökleriyle topraktan aldıkları suyu, gövde ve yapraklara iletmesi de bu olaylar sayesinde gerçekleşir. Bitkilerin köklerindeki ve damarlarındaki kanallar yukarı ve uçlara doğru daralır. Köklerden emilen su ve mineraller kılcallık etkisiyle yukarı doğru yükselir. Bitkilerde odun borularının kılcal yapıda olması ve suyun yüzey geriliminin fazla olması, suyun yükselmesini kolaylaştırır.

Kan örneği alınırken veya kan şekeri ölçümünde kılcallık etkisinden yararlanılır. Sağlık görevlisi önce parmak ucuna iğne batırırarak kan gelmesini sağlar. Kan kılcal hareket sayesinde önce parmak ucuna gelir, daha sonra aynı etki ile tüpte toplanır. Kumaşa damlayan boya veya yağın kumaşa dağılması, kâğıt havlunun veya süngerin suyu çekmesi (Görsel 2.3.14), kandil fitilinin gaz yağını emmesi, gözümüzde biriken yaşların taşınması, kayaçlar içine suların sızması ve topraktaki suyun nemli bölgelerden kuru bölgelere taşınması gibi olaylar kılcallık ile açıklanabilir. Spor yapılırken kullanılan, teri kolay emen kıyafetlerin hazırlanmasında da kılcallıktan faydalanılır.

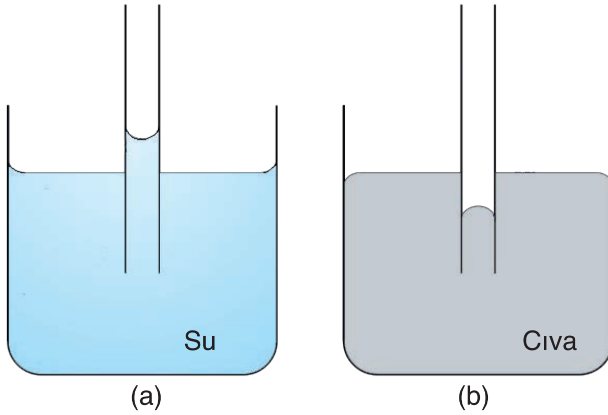


Bir sıvının aynı maddeden yapılmış, kesit alanları farklı kılcal borularda yükselme ya da alçalma miktarı, borunun kesit alanı ile ters orantılıdır. Kullanılan boru ne kadar ince olursa sıvı o kadar çok yükselir ya da alçalır. Şekil 2.3.2'de su içerisine batırılmış farklı kesit alanlarına sahip kılcal borularda suyun yükselme miktarları verilmiştir.



Şekil 2.3.2: Farklı kesit alanlarına sahip kılcal borular

Kılcal borularda bulunan sıvının yükselmesi ya da alçalması kesit alanı dışında boruda bulunan sıvının cinsine de bağlıdır. Örneğin özdeş kılcal cam borular su ve cıva dolu kaplar içerisine yerleştirildiğinde Şekil 2.3.3 a ve b'deki gibi iki farklı durum gözlenir.



Şekil 2.3.3 (a, b): Su ve cıvanın kılcal cam borulardaki görünümü

Şekil 2.3.3 a'da su kılcal boru içerisinde yukarıya doğru yönelmektedir. Su ile cam arasındaki adezyon kuvveti su molekülleri arasındaki kohezyon kuvvetinden büyük olduğu için su kılcal boru içerisinde yükselir. Su molekülleri arasındaki kohezyon kuvvetinin diğer maddelere göre küçük olması suyun temas ettiği yüzeyi ıslatmasına da neden olmaktadır.

Şekil 2.3.3 b'de kılcal cam boruda bulunan cıva molekülleri suyun aksine aşağıya doğru yönelmiştir. Cıva molekülleri arasındaki kohezyon kuvveti cıva ile diğer maddeler arasındaki adezyon kuvvetinden büyüktür. Bu nedenle cıva temas ettiği yüzeyi ıslatmadığı gibi cam boru içinde de yükselmez, tersine alçalır.

Meraklısına Bilgi



Su birçok maddeyi ıslatan bir sıvı olarak bilinse de cıva gibi davranarak ıslatmadığı maddeler de vardır. Suyu sevmeyen maddelere hidrofob, seven maddelere hidrofil maddeler adı verilir. Yağmurluklar hidrofob malzemelerden üretilirken peçete, kâğıt havlu ve mendil gibi ürünler hidrofil malzemelerden üretilir.

ÖRNEK SORU

İki ayrı kapta bulunan tuzlu ve saf suya, özdeş kılcal borular batırılıyor. Kılcal borulardaki su seviyeleri arasındaki ilişki nedir?

ÇÖZÜM

Tuz, suyun yüzey gerilmini arttırır. Tuzlu sudaki yüzey gerilimi saf suya göre fazladır. Bu nedenle tuzlu suyun borudaki seviyesi saf suya göre daha alçaktır.

SIRA SİZDE 30

Aşağıdaki ifadelerden hangileri kılcallık kavramını açıklarken kullanılmaz?
I. Kılcallık olayı bir sıvı ile bir katı arasında gerçekleşir.
II. Farklı cins sıvıların birbirini çekmesi sonucu oluşur.
III. Adezyon ve kohezyon kuvvetleri ile sıvıların yüzey geriliminden kaynaklanır.

SIRA SİZDE 31

Su dolu kap içine daldırılan camdan yapılmış K, L ve M borularında su seviyelerinin $h_K > h_M > h_L$ *olduğu gözleniyor.*
Buna göre cam boruların yarıçapları sırasıyla r_K, r_L, r_M *olmak üzere yarıçaplar arasındaki büyüklük ilişkisi nedir?*

SIRA SİZDE 32

I. Cıva damlasının küresel olması
II. Süngerin suyu çekmesi
III. Karabiber taneciklerinin suda yüzmesi
IV. Çiçek dolu vazodaki suyun azalması
V. Çatıdan akan yağmur suyunun tavanı ıslatması
VI. Tozların sehpaya yapışması
VII. Yağmurda saçımızın ıslanması
VIII. Musluktan suyun damlaması

Yukarıda verilen durumlardan hangileri,
a) Kılcallık olayı ile ilgilidir?
b) Adezyon ile ilgilidir?
c) Kohezyon ile ilgilidir?
ç) Yüzey gerilimi ile ilgilidir?

Soruların doğru seçeneğini işaretleyiniz.

1. Dünya'nın Güneş'e uzaklığı yaklaşık 150 milyon km'dir.
Aralarındaki mesafenin metre cinsinden karşılığı nedir?

A) 150.10^6 B) 15.10^8 C) 150.10^8 D) 15.10^{10} E) 150.10^{10}

2. Taban yarıçapı 5 cm olan silindir şeklindeki boş kabı 3 cm yüksekliğinde su ile doldurabilmek için damlalıkla 2250 damla su damlatılması gerekiyor.
Buna göre 1 damlanın hacmi kaç mililitredir? (π=3 alınız.)

A) 0,001 B) 0,01 C) 0,1 D) 1 E) 10

3. X, Y ve Z maddelerinin hacimleri tabloda verilmiştir.

Madde	Hacim
X	3,5 m^3
Y	175 mL
Z	7400 cm^3

Buna göre bu maddelerin hacimleri ile ilgili doğru sıralama hangisidir?

A) X > Y > Z B) X > Z > Y C) Y > X > Z D) Z > X > Y E) Z > Y > X

4. Özkütlesi 0,5 g/cm^3 olan sıvı ile tamamen dolu kaba, özkütlesi 1,5 g/cm^3 olan cisim bırakıldığında kaptan 20 g sıvı taşıyor.
Buna göre cismin kütlesi kaç gramdır?

A) 6 B) 20 C) 40 D) 60 E) 90

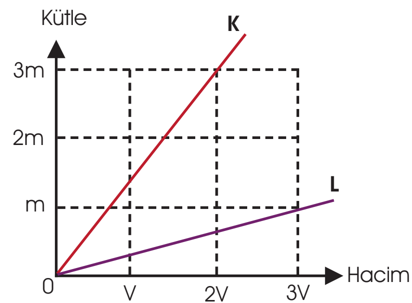
5. Tabloda verilen maddelerden eşit hacimli dört madenî para yapılmıştır.

Madde	Alüminyum	Çinko	Bakır	Altın
Özkütle (g/cm^3)	2,7	7,00	8,90	19,30
Madeni para				

Alüminyum, çinko, bakır ve altın paraların kütleleri sırasıyla m_1, m_2, m_3 ve m_4'tür.
Buna göre paraların kütleleri arasındaki büyüklük ilişkisi nedir?

A) $m_1=m_2=m_3=m_4$
B) $m_4 < m_3 < m_2 < m_1$
C) $m_1 < m_2 < m_3 < m_4$
D) $3m_1=m_2 < m_3 < m_4$
E) $m_1 < m_2 < 2m_3=m_4$

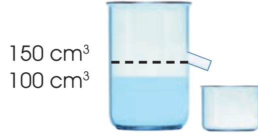
6. K ve L maddelerinin kütle-hacim grafiği aşağıdaki gibidir.



K maddesinin özkütlesi d_K, L'nin özkütlesi d_L olduğuna göre d_K/d_L oranı kaçtır?

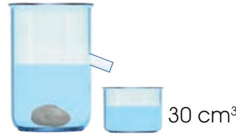
A) 2/9 B) 1/2 C) 1 D) 3/2 E) 9/2

7. Taşma seviyesi 150 cm³ çizgisinde olan bir taşırma kabı Şekil I'deki gibi 100 cm³ çizgisine kadar su ile doludur.



Şekil I

Bu kaba K cismi bırakıldığında taşırma kabından Şekil II'deki gibi 30 cm³ su taşıyor.



Şekil II

Buna göre K cisminin hacmi kaç cm³ tür?

A) 20 B) 30 C) 50 D) 80 E) 180

8. Taşma seviyesi 150 cm³ olan taşırma kabı 120 cm³ seviyesine kadar su ile doludur. Kabın içine özdeş, her biri 48 gram kütleli beş adet bilye atıldığında kaptan taşan su miktarı 50 cm³ olmaktadır.
Buna göre bilyelerin özkütlesi kaç g/cm³ tür? (Bilyeler tamamen su içerisine batmaktadır.)

A) 3/8 B) 3/5 C) 5/8 D) 3 E) 15

9. Eşit hacimli X ve Y katı maddelerinin kütleleri sırasıyla m_x ve m_y; özkütleleri sırasıyla d_x ve d_y'dir.
Kütleler arasındaki ilişki $m_x=3m_y$ olduğuna göre d_x/d_y oranı kaçtır?

A) 1/9 B) 1/3 C) 1 D) 3 E) 9

10. Tabloda K, L ve M maddelerinin belli sıcaklıklardaki kütle ve hacimleri verilmiştir.

Madde	Kütle (g)	Hacim (cm³)	Sıcaklık (°C)
K	75	50	10
L	25	50	20
M	75	150	20

Buna göre bu maddelerle ilgili yapılan yorumlardan hangisi doğru olabilir?

A) K ve L aynı, M farklı cins maddedir.
B) K ve M aynı, L farklı cins maddedir.
C) L ve M aynı, K farklı cins maddedir.
D) Üçü de aynı cins maddedir.
E) Üçü de farklı cins maddedir.

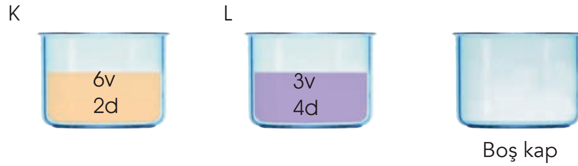
11. Silindir şeklindeki X, Y ve Z cisimlerinin dayanıklılık oranları ve taban alanlarıyla ilgili bilgiler tabloda verilmiştir.

	X	Y	Z
Dayanıklılık	4	6	4
Taban alan	S	2S	2S

Buna göre cisimlerin V_X, V_Y ve V_z hacimleri arasındaki büyüklük ilişkisi nedir?

A) $V_x<V_y<V_z$
B) $V_x=V_y<V_z$
C) $V_x=V_y=V_z$
D) $V_x>V_y>V_z$
E) $V_x>V_y=V_z$

12. K ve L kaplarındaki sıcaklıkları eşit, sırasıyla 6V ve 3V hacimli sıvıların özkütleleri sırasıyla 2d ve 4d'dir. K kabından V_1, L kabından V_2 hacminde sıvı alınarak boş bir kaba döküldüğünde üç kaptaki sıvı kütleleri birbirine eşit olmaktadır.



Buna göre V_1/V_2 oranı kaçtır?

A) 1/2 B) 3/4 C) 1 D) 4/3 E) 2

13. Aşağıda verilen eksik tanımlar, akışkanların özellikleri ile ilgilidir.
- Sıvıların ince cam boru içerisinde alçalıp yükselmesine ....I........... denir.
- Bir sıvının kendi molekülleri arasındaki çekim kuvveti ....II........... kuvveti olarak tanımlanmaktadır.
- Sıvı yüzeyindeki tanecikler arasındaki kohezyon kuvvetinden dolayı sıvının üst yüzeyinde oluşan gerilmeye.........III.......... adı verilir.

Buna göre tanımlarda boş bırakılan yerlere hangi özellikler yazılmalıdır?

	I	II	III
A)	adezyon	kohezyon	kılcallık
B)	kılcallık	adezyon	yüzey gerilimi
C)	kılcallık	adezyon	kohezyon
D)	kılcallık	kohezyon	adezyon
E)	kılcallık	kohezyon	yüzey gerilimi

14. **Sıvıların yüzey gerilimi ile ilgili,**
I. Bazı sıvıların yüzey gerilimi vardır.
II. Sıvıların kılcal borularda yükselme eğilimi, yüzey geriliminin bir sonucudur.
III. Yağmur damlalarının küresel olmasının nedeni, yüzey gerilimidir.
ifadelerinden hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) II ve III E) I, II ve III

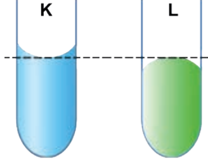
15. Islanma olayı, sıvı molekülleriyle üzerine sıvı dökülen cismin molekülleri arasındaki çekim kuvvetine ve sıvı moleküllerinin birbirlerine uyguladıkları çekim kuvvetine bağlıdır.
Buna göre bir kumaşın ıslanması için adezyon ve kohezyon arasında
I. Adezyon kuvveti > Kohezyon kuvveti
II. Adezyon kuvveti < Kohezyon kuvveti
III. Adezyon kuvveti = Kohezyon kuvveti
ilişkilerinden hangileri olmalıdır?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) II ve III

16. **Suyun yüzey gerilimini azaltmak için,**
I. Suya tuz ekleme
II. Suyu ısıtma
III. Suya sıvı sabun ekleme
işlemlerinden hangileri yapılabilir?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I veya II E) II veya III

17. Deney yapan bir öğrenci eşit miktardaki K ve L sıvılarını özdeş cam tüplere koyduğunda sıvıların şekildeki gibi durduğunu gözlemliyor. Bu durumla ilgili şu tahminlerde bulunuyor:



I. tahmin: L için sıvı-cam molekülleri arasındaki adezyon kuvveti, sıvı molekülleri arasındaki kohezyon kuvvetinden küçüktür.
II. tahmin: K için sıvı molekülleri arasındaki kohezyon kuvveti, sıvı-cam molekülleri arasındaki adezyon kuvvetinden küçüktür.
III. tahmin: K için sıvı molekülleri arasındaki kohezyon kuvvetiyle sıvı-cam molekülleri arasındaki adezyon kuvvetinin büyüklükleri eşittir.
Buna göre öğrencinin yaptığı tahminlerden hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) I ve III

Soruları cevaplayınız.

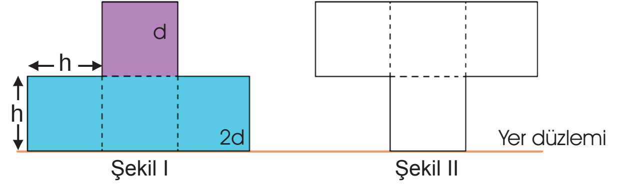
18. Küresel şekilli bir kap, sabit debili bir musluktan akan suyla 50 dakikada doldurulmaktadır.

Buna göre kap doluncaya kadar suyun,

a) Kütle-zaman
b) Özkütle-kütle
c) Özkütle-hacim
ç) Özkütle-zaman grafiklerini çiziniz.

19. Altının saflığı 24'te biri ile ölçülür. Örneğin 22 ayar altın küpenin 24'te 22'si saf altından oluşmaktadır.
Buna göre kütlesi 3 gram olan 18 ayar bir küpede kaç gram saf altın bulunur?

20. Birbirine karışmayan d ve 2d özkütleli sıvılar eşit hacim bölmeli kapalı bir kapta Şekil I'deki gibi dengededir.



Kap döndürülerek Şekil II'deki konuma getirildiğinde sıvıları birbirinden ayıran yüzeyin yerden yüksekliği kaç h olur?

21 ve 22. soruları bilgiye göre cevaplayınız.

Yüksekliği yarıçapının 2 katı olan bir silindirin hacmi 750 cm^3 tür. (π=3 alınız.)

21. Silindirin yarıçapı kaç metredir?

....

22. Silindirin yüksekliği kaç cm'dir?

....

Soruların cevabını ilgili alana yazınız.

23. Büyük buz kütlelerinin deniz yüzeyinde yüzmesinin sebebi nedir?

....

24. Eşit hacimli küp, dikdörtgenler prizması, silindir ve küre arasında en dayanıklı cisim hangisidir?

....

25-27 arasındaki soruları bilgiye göre cevaplayınız.

Bir kare prizmanın taban boyutları 2 kat artırılıp yüksekliği yarıya indiriliyor.

25. Prizmanın hacmindeki değişimi nedir?

....

26. Prizmanın kesit alanındaki değişimi nedir?

....

27. Prizmanın kesit alanı/hacim oranı nasıl değişir?

....

28 ve 29. soruları metne göre cevaplayınız.

Bir bardağa önce su dolduruluyor. Sonra bardağın ağzına bardağın ağzından daha geniş bir kâğıt parçası kapatılıp bardak ters çevriliyor ve bardaktan suyun dökülmediği gözleniyor. Suya biraz deterjan eklenip aynı işlem tekrar yapılıyor.

28. Birinci durumda suyun yere dökülmemesinde açık hava basıncı dışında ne etkilidir?

....

29. İkinci durumda bardaktan su dökülür mü? Açıklayınız.

....

30-32 arasındaki soruları metne göre cevaplayınız.

Atmosferdeki su buharı uygun hava şartlarında, atmosferdeki toz zerreleri üzerinde yoğunlaşır. Küresel bir şekil alarak yarıçapı yaklaşık 5 mm olan yağmur damlalarını oluşturur. Damlalar yere doğru 10 m/s hızla düşmeye başlar. Düşüş sırasında hava sürtünmesi nedeniyle damlalar parçalanır ve daha küçük damlacıklar oluşur. Damlacıkların hızının sürekli artmasını engelleyen etki, yine sürtünme kuvvetidir.

30. Atmosferdeki su buharının toz zerrelerinin üzerinde yoğunlaşması adezyon etkisi ile gerçekleşir.
Buna göre,
I. Tozlu cama düşen yağmur damlalarının yavaş akması
II. Su damlalarının küresel bir şekil alması
III. Su damlalarının hava sürtünmesi nedeniyle parçalanması

olaylarından hangileri adezyon etkisiyle doğrudan ilgilidir?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) I ve III E) II ve III

31. **Özkütlesi 1 g/cm^3 olan, 5 mm yarıçaplı küresel yağmur damlasının kütlesi kaç gramdır?** (π=3 alınız.)

....

32. Ankara'ya mart ayında düşen yağış miktarı 38,5 kg/m^2 dir. Mayıs ayında ise 51,2 kg/m^2 yağış düşmektedir.
Bu iki ay arasındaki yağış miktarı farkı kaç g/cm^2 ye karşılık gelir?



3. ÜNİTE

HAREKET VE KUVVET

ÜNİTENİN BÖLÜMLERİ

3.1 HAREKET

3.2 KUVVET

3.3 NEWTON'IN HAREKET YASALARI

3.4 SÜRTÜNME KUVVETİ

“Resmimi hayal ederim ve sonra hayalimi resmederim”

Vincent Van GOGH
(Vinsınt Van Goh)



Aklın sınırlarını zorlayan teknolojik gelişmeler, uçsuz bucaksız hayal aleminde özgür düşüncelerle ortaya çıkmaktadır. Dünyaca ünlü ressam Vincent Van Gogh’un “Resmimi hayal ederim ve sonra hayalimi resmederim.” sözünde bahsettiği gibi gerçekler, hayallerin hayata geçirilmesi ile oluşmaktadır.

Dünya üzerinde söz sahibi olabilmek için hızla değişen ve gelişen dünyaya uyum sağlamak gerekmektedir. Sanat, spor ve bilim alanlarında sağlanacak bu uyum; sanatçıların, sporcuların, girişimcilerin ve bilim insanlarının çalışmalarıyla eş güdümlü olacaktır. Bu süreçte geliştirilecek yenilikçi tasarımlar dünya devleri arasına girmenin yolunu açar. Dijitalleşmenin artması, yapay zekâ ve robotik konu uygulamalarının bilişim sektöründe yerini alması, bu alanda çalışan bilim insanları ve ülkelerinin dünya üzerinde söz sahibi olmasını sağlar.

Bilimdeki hızlı gelişim günlük hayatta kullanılabilir ürün sayısını arttırmıştır. Fiziğin diğer alanlarında olduğu gibi mekanik alanında da çok fazla gelişme olmuştur. 3D yazıcılarla uygulama yapan ve robotik uygulamalarında çalışan bilim insanlarının buluşları mekanik fiziğe büyük katkılar sağlamıştır.

Robot kavramı hayatımıza ilk olarak 1921’de Karel Čapek (Kerıl Şapek) tarafından kaleme alınan “Rossum’un (Rossum) Evrensel Robotları” adlı bilim kurgu hikaye ile girmiştir. O dönemlerde bir hayal olan robotlar günümüzde mekanik iş gücü olarak kullanılmaktadır. Ameliyat yapılabilen iğne büyüklüğünde mekanik kollar, üzerinden geçerken elektrik üreten yollar ve kaldırımlar, kendi kendine dengede durabilen motosikletler, merdivenleri çıkabilme, zıpla-yabilme gibi özelliklere sahip robotlar, esneyebilen ve binaların-yapıların dayanıklılığını arttıran betonlar, bu gelişmelere verilebilecek örneklerden birkaçıdır.

Mekanik sistemlerin gelişmesiyle hızı saatte 7200 km’ye ulaşan askerî uçaklar, saatte yaklaşık 630 km hızla hareket eden Maglev trenler, güvenliği ve sürüş yeteneği artırılmış saatte 440 km sürati olan otomobiller, saniyede 29 metreye çıkabilen asansörler yapılmıştır. Ayrıca saatte 800 km’nin üzerinde hız yapabilecek ve tüp içerisinde ilerleyebilecek trenler; çevreyle dost, elektrikle çalışabilen, sahip olacağı modüllerle sıkışık trafikte uçuş moduna geçebilecek otomobil tasarımları yapılmakta ve bu tasarımların za-manla uygulamaya geçirilmesi planlanmaktadır.

3.1 HAREKET

Bu Bölümde Öğrenilecek Anahtar Kavramlar

- Öteleme hareketi
- Dönme hareketi
- Titreşim hareketi
- Referans noktası
- Konum
- Alınan yol
- Yer değiştirme
- Sürat
- Hız
- Anlık hız
- Ortalama hız
- İvme



Avusturyalı yüksek atlamacı ve paraşütçü Felix Baumgartner (Feliks Boumgartnır) 14 Ekim 2012 tarihinde 39044 metrelik yükseklikten atlayarak ses hızını geçmiş ve saatte 1342 km'lik hıza ulaşmıştır. Uzayın sınırı sayılan bu yükseklikten atlayış yapan Felix Baumgartner, en hızlı serbest düşüş, en yüksek irtifadan serbest düşüş ve en yüksek irtifaya insanlı balon çıkışı olarak 3 dünya rekoru kırmış ve 4 dakika 19 saniyede yeryüzüne ulaşmıştır.

25 Ekim 2014 tarihinde de Robert Alan Eustace (Rabırt Elın Östış) 41400 metre gibi bir yükseklikten atlayarak saatte 1322 km'lik hıza ulaşmış ve Felix Baumgartner'e ait en yüksek irtifadan serbest düşüş rekorunu kırarak yeni rekortmen olmuştur.

Evrende hareketsiz cisim var mıdır?

Cisimler öteleme, titreşim ve dönme hareketlerini birlikte yapabilir mi?

GPS nasıl çalışır?

Bu soruların ve konuyla ilgili akla gelebilecek diğer soruların cevaplarına ünitenin bu bölümünde yer verilecektir. Bağıl hareket, hareket ve hareket çeşitleri anlatılacak, konum, alınan yol ve yer değiştirme kavramları hakkında bilgi verilecektir. Sürat ve hız kavramlarıyla ilgili problemler çözülecektir.

3.1.1 HAREKET VE ÇEŞİTLERİ

Cisimlerin, zaman içerisinde bulundukları yerleri değiştirmeleri **hareket** olarak tanımlanabilir. Bir cisim farklı kuvvetlerin etkisinde farklı hareketler yapabilir. Düz bir doğrultu üzerinde kütle merkezi de dahil bütün noktaları eşit miktarda ilerleyen cisimler **öteleme**, kütle merkezinin yeri değişmemek şartıyla sabit bir eksen etrafında dolanan cisimler **dönme**, iki nokta arasında gidip-gelme hareketi yapan cisimler **titreşim** hareketi yapar. Örneğin düz bir yolda koşan çocuk öteleme, saat içindeki dişli çarklar dönme, çalınan sazın teli titreşim hareketi yapar.



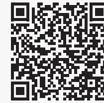
Cisimler bu hareketlerin birleşimi olan birden çok hareketi aynı anda gerçekleştirebilir. Tablo 3.1.1'de bu hareket birleşimlerine bazı örnekler verilmiştir. Bir futbol topunun yuvarlanarak ilerlemesinde hem dönme hem de öteleme hareketi vardır. Bungee jumping (bangi camping) yapan sporcunun hareketinde hem öteleme hem titreşim hareketi bulunur. Giant discovery (cayınt diskavıri) adlı lunapark aleti ise dönme ve titreşim hareketini aynı anda yapar.

Tablo 3.1.1: Birden fazla hareketi aynı anda gerçekleştiren cisim örnekleri

	Öteleme + Dönme
	Öteleme + Titreşim
	Dönme + Titreşim



Hareket türleri ile ilgili aşağıda verilen linklerdeki simülasyonları inceleyiniz.





SIRA SİZDE 1

Aşağıda belirtilen hareketlerin numaralarını ilgili kutucuğa yerleştiriniz. Aynı hareket birden fazla kutucuğa yerleştirilebilir.

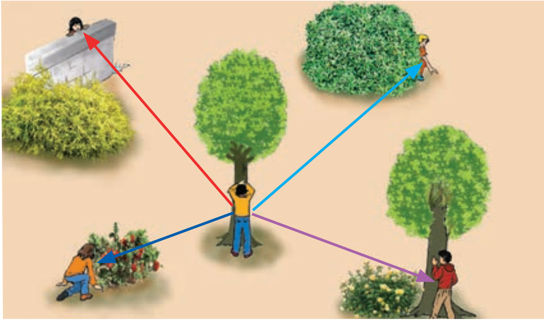
1. *Gitar, keman gibi telli çalgılarda ses çıkaran telin hareketi*
2. *Bovling topunun lobutlara doğru ilerlemesi*
3. *Venüs gezegeninin hareketi*
4. *Türksat 4-C uydusunun hareketi*
5. *Yüksek hızlı trenin düz raylarda ilerlemesi*
6. *Uçaktan atlayan paraşütçünün yere doğru inmesi*
7. *İlerlemekte olan araba tekerinin hareketi*
8. *...*
9. *...*
10. *...*

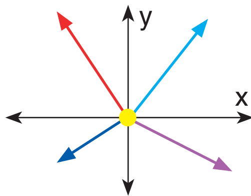
(8, 9 ve 10. örnekleri siz tamamlayınız.)

ÖTELEME HAREKETİ									
DÖNME HAREKETİ									
TİTREŞİM HAREKETİ									

3.1.2 KONUM, ALINAN YOL, YER DEĞİŞTİRME, SÜRAT VE HIZ

1. KONUM



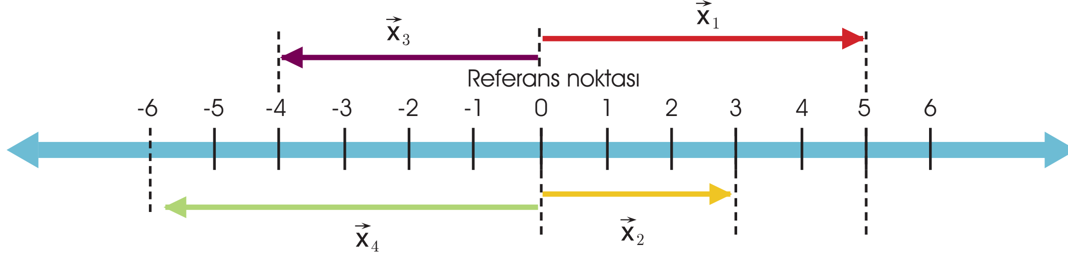


Şekil 3.1.1: Saklambaç oyuncularının konumları

Çocukların en sevdiği oyunlardan biri olan saklambaçta ebe seçilen kişinin sayma yapacağı ve diğer oyuncuların ebeleyeceği sabit bir yer belirlenir. Bu yer oyuncular için referans noktası kabul edilebilir. Bir cismin konumu ve yer değiştirme miktarı gibi nicelikleri tanımlamak için seçilen sabit noktaya **referans noktası** denir. Saklambaçta referans noktası ebe seçilen kişinin sobe yaptığı nokta olarak seçilir. Ebe seçilen kişi saymaya başladığında bütün oyuncular bir yere saklanırlar. Oyuncuların saklandıkları yerler referans noktasına göre bulundukları konumlarıdır. Referans noktasından oyuncuların bulundukları yerlere çizilen vektörler de her bir oyuncunun başlangıcı ebeleme noktası olan referans sisteminde konum vektörleridir (Şekil 3.1.1).

Konum vektörü, referans noktasından bir cismin bulunduğu noktaya olan yönlü uzaklıktır. Konum vektörünün büyüklüğünün SI'daki birimi metredir. Vektörel bir büyüklük olan konum $\vec{x}$ ile gösterilir.

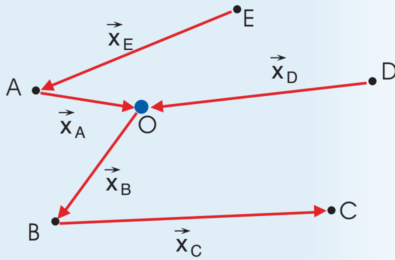
Konum bir boyutta anlatılmak istenildiğinde sayı doğrusu kullanılabilir. Sıfır sayısının bulunduğu nokta referans noktası kabul edildiğinde sayıların her birinin referans noktasına uzaklıkları konumlarını, yönlü uzaklıkları da konum vektörlerini verir. Dört farklı sayının konum vektörleri sayı doğrusu üzerinde Şekil 3.1.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1.2: Bazı sayıların konum vektörleri

Konum vektörünün pozitif ya da negatif olması seçilen yön ile ilgilidir fakat konum vektörünün büyüklüğü daima pozitiftir.
Şekil 3.1.2'de $\vec{x}_1$ vektörü 0'dan +5'e kadar 5 birim büyüklüğünde, $\vec{x}_2$ vektörü 0'dan +3'e kadar 3 birim büyüklüğünde, $\vec{x}_3$ vektörü 0'dan -4'e kadar 4 birim büyüklüğünde ve $\vec{x}_4$ vektörü 0'dan -6'ya kadar 6 birim büyüklüğündedir.

ÖRNEK SORU



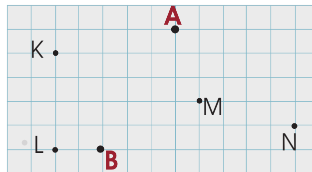
O noktası referans noktası olmak üzere A, B, C, D ve E noktalarından hangilerinin konum vektörleri doğru çizilmiştir?

ÇÖZÜM

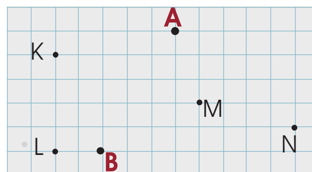
Bir noktanın konum vektörü referans noktasından bulunduğu konuma doğru çizilen vektör ile gösterilir. B noktasının konum vektörü $\vec{x}_B$ doğru, diğerleri yanlış çizilmiştir.

SIRA SİZDE 2

1. A noktasını referans noktası kabul ederek K, L, M ve N noktalarının konum vektörlerini çiziniz.



2. B noktasını referans noktası kabul ederek K, L, M ve N noktalarının konum vektörlerini çiziniz.



2. ALINAN YOL

Teneffüs zili çalınca bahçede dolaşıp tekrar yerine dönen bir öğrencinin ne kadar yol aldığını düşünün. Yürümeye başladığı anda elinde tuttuğu ip yumağını bir ucundan salarak yolun tamamını yürüdükten sonra ipin uzunluğunu ölçerek, yürüdüğü toplam yolun uzunluğunu bulabilir.



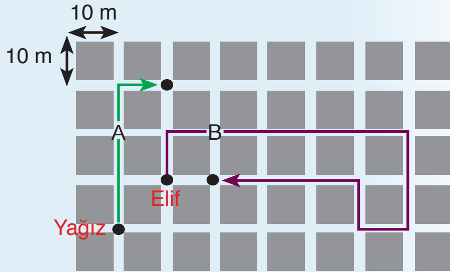
Görsel 3.1.1: Yerleşim yerine uzaklık tabelası

Alınan yol, yönden bağımsız olarak kat edilen yolun uzunluğunu ifade eder. Alınan yol için yön veya doğrultu önemli değildir yani skaler bir büyüklüktür. Alınan yolun SI'daki birimi metredir. x ile gösterilir.

Kara yolları kenarında, yerleşim yerlerine olan uzaklığın km cinsinden gösterildiği tabelalar bulunur. Bu tabelalarda belirtilen uzaklık, Görsel 3.1.1'de olduğu gibi ilgili yerleşim yeri merkezine ulaşmak için alınması gereken yolun km cinsinden uzunluğudur.

ÖRNEK SORU

Yağız ve Elif'in konumları kroki üzerinde verilmiştir. Yağız A yolunu, Elif B yolunu takip ederek kroki üzerindeki noktalara ulaşıyorlar.



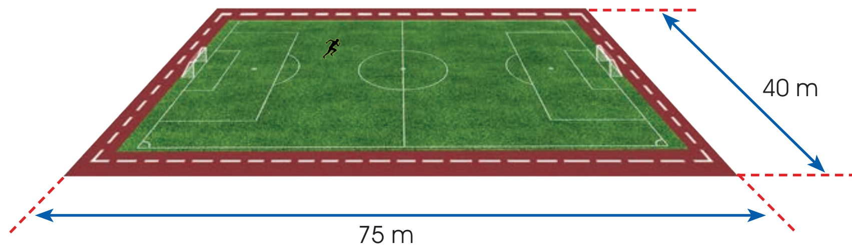
Birim uzunluğun verildiği krokiye göre Yağız ve Elif'in aldığı yollar kaç m'dir?

ÇÖZÜM

Alınan yol, katedilen yolların toplamıdır. Buna göre A yolunu takip eden Yağız hedefine ulaştığında 40 m yol almıştır.
Elif ise 130 m yol almıştır.

SIRA SİZDE 3

Bir futbolcu ısınmak için uzunlukları şekilde verilen futbol sahasının çevresinde 4 tur koşuyor.



Buna göre bu sporcunun ısınma turları sonunda aldığı yol kaç metredir?

3. YER DEĞİŞTİRME

Bir hareketlinin ilk konumundan son konumuna doğru en kısa yol boyunca çizilen yönlü uzaklığa **yer değiştirme** denir. Yer değiştirme vektörel bir büyüklüktür. $\Delta\vec{x}$ ile gösterilir. Yer değiştirmenin SI'daki birimi metredir. Yer değiştirmenin matematiksel modeli

Yer değiştirme = Son konum – İlk konum

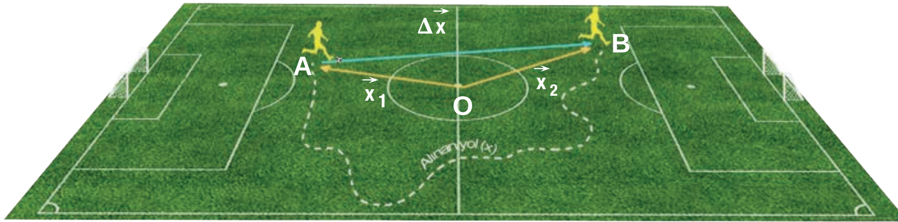
$$\Delta\vec{x} = \vec{x}_{son} - \vec{x}_{ilk}$$

şeklindedir. Başka bir ifade ile yer değiştirme, iki nokta arasında yönlü, en kısa mesafedir.

Bir futbol sahasının orta noktası (O) referans noktası kabul edilebilir. A noktasından B noktasına kesikli çizgilerle gösterilen yoldan (Şekil 3.1.3) ulaşan futbolcunun ilk konumu $\vec{x}_1$, son konumu $\vec{x}_2$'dir. Kesikli çizginin uzunluğu futbolcunun aldığı yoldur. A noktasından B noktasına çizilen vektör, yer değiştirme vektörüdür. Bu vektörün uzunluğu ise futbolcunun yaptığı yer değiştirmenin büyüklüğünü verir. Futbolcu A noktasına geri dönerse hareketine başladığı andan itibaren yaptığı yer değiştirme sıfır olur.

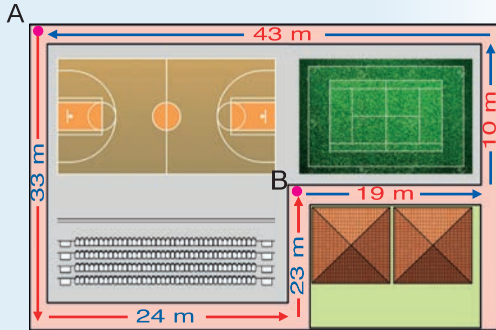
Meraklısına Bilgi

Global konum belirleme sistemi (GPS) veya küresel konumlama sistemi adı verilen sistem, dünya üzerinde konum belirlemesi yapar. Konumlama GPS cihazı ile uydular arasında düzenli, kodlanmış konum bilgilerinin iletilmesiyle yapılır. İlk kurulduğunda askerî amaçlı kullanılan bu sistem sonraki yıllarda sivil kullanıma da açılmıştır. Bu sistemle haritacılık alanında mm boyutlarında hatasız ölçüm yapılabilmektedir. Bazı ülkelerde GPS'e alternatif başka sistemler kullanmaktadır.



Şekil 3.1.3: Futbolcunun yer değiştirme vektörü

ÖRNEK SORU



Bir yaya, kuş bakışı görüntüsü yukarıda verilen yolu izleyerek A konumundan B konumuna ulaşıyor. Buna göre,

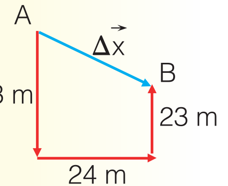
a) Yayanın katettiği yolun uzunluğu kaç metredir?

b) Yaya kaç m yer değiştirme yapmıştır?

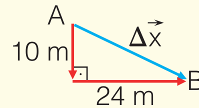
c) Yolcu, mavi çizgili yolu izleyerek A noktasına geri dönerse toplamda kaç metre yol almış ve kaç m yer değiştirme yapmış olur?

ÇÖZÜM

a) A konumundan B konumuna gelen yayanın yürüdüğü yolun toplam uzunluğu x olmak üzere,
$x = 33 + 24 + 23 = 80$ m olur.



b) A konumundan B konumuna gelen yayanın yaptığı yer değiştirme $\Delta\vec{x}$ olmak üzere, yer değiştirmenin büyüklüğü pisagor teoreminden hesaplanır.



$$a^2 = b^2 + c^2$$
$$(\Delta x)^2 = (10)^2 + (24)^2$$
$$\Delta x = 26 \text{ m olur.}$$

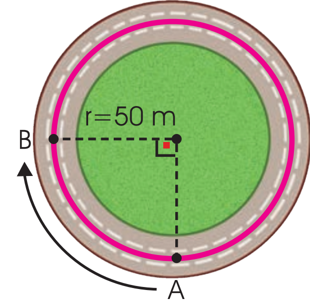
c) Harekete başladığı noktaya geri dönen yayanın yaptığı yer değiştirmenin büyüklüğü sıfır olur.
Yayanın aldığı yol, yürüdüğü yolların toplamıdır. Buna göre yaya 152 m yol almıştır.

SIRA SİZDE 4

Sabah okula gitmek için başlangıç noktası olarak düşündüğünüz evinizden çıkıp bitiş noktası olarak tekrar eve döndüğünüzde yaptığınız yer değiştirmenin büyüklüğü ne kadar olur?

SIRA SİZDE 5

Yarıçapı 50 m olan çember şeklindeki koşu pistinde A noktasından B noktasına koşan sporcunun,
a) Aldığı yol
b) Yaptığı yer değiştirme kaç metredir? (π=3 *alınız.*)



Yer değiştirme ve alınan yol kavramları arasında yakın bir ilişki vardır. Hareketli doğrusal bir yolda, aynı yönde hareket ettiği sürece hareketlinin aldığı yol ve yaptığı yer değiştirme birbirine eşit olur.

4. SÜRAT VE HIZ

Günlük hayat dilinde sıkça kullanılan sürat ve hız kelimeleri, farklı şekillerde karşımıza çıkmaktadır. Örneğin bir gazete makalesinde "430 km/h süratle ilerleyen Shangai (Şangay) maglev treni dünyanın en hızlıları arasında.", "Ses hızını aşan uçaklarla yapılan gösteriler büyüleyiciydi." cümleleriyle karşılaşılabilir. Bir teknoloji dergisinde "Fiber optik kablolarla yüksek hızlarda veri transfer edilmektedir." bilgisiyle karşılaşılabilmektedir. Herkes maraton koşusu, yüzme, eskrim gibi spor dallarında süratli sporcuların daha başarılı olduğunu bilir. Günlük konuşmalarda birbirinin yerini alan bu kavramlar, aslında birbirinden farklıdır.

Sürat, bir cismin birim zamanda aldığı yoldur. **Hız** ise bir cismin birim zamanda yaptığı yer değiştirmedir. Sürat skaler, hız vektörel bir büyüklüktür.

Belli bir zaman diliminde yol alan hareketli için sürat, belli bir zaman diliminde yer değiştirme yapan hareketli için hız kavramları oluşur. Bu kavramların matematiksel modeli

$$\text{Sürat} = \frac{\text{Alınan yol}}{\text{Geçen zaman}} \qquad \text{Hız} = \frac{\text{Yer değiştirme}}{\text{Geçen zaman}}$$

$$v = \frac{x}{t} \qquad \vec{v} = \frac{\Delta\vec{x}}{t}$$

şeklindedir.

ÖRNEK SORU

Doğudan batıya doğru, 250 m uzunluğundaki doğrusal bir yolu 5 saniyede alan bir aracın,
a) Sürati
b) Hızının büyüklüğü kaç m/s'dir.

ÇÖZÜM

a) Doğrusal yolda hareket eden aracın sürati,

$v = \frac{x}{t} = \frac{250}{5} = 50 \ m/s$ büyüklüğündedir.

b) Aracın hızı batıya doğru olup

$\vec{v} = \frac{\Delta\vec{x}}{t}$ matematiksel modelinden

$v = \frac{250}{5} = 50 \ m/s$ olarak bulunur.

Araç doğrusal bir yolda hareket ettiği için sürat ile hızın büyüklüğü birbirine eşit olur.

SIRA SİZDE 6

Doğrusal yol üzerinde 2400 m uzunluğundaki yolu 1 dk 20 s'de alan otobüsün sürati kaç m/s'dir?

SIRA SİZDE 7

Dijital saatin 02.17.49'u gösterdiği anda 243. metre konumunda olan bir araç, saatin 02.18.09'u gösterdiği anda 1423 metre konumundan geçiyor.
Araç doğrusal bir yolda hareket ettiğine göre bu aracın hızının büyüklüğü kaç m/s'dir?

SIRA SİZDE 8

Aşağıdaki tabloyu verilen örneğe göre tamamlayınız.

	Büyüklük	Gösterimi	SI'da Birimi	Vektörel/Skaler
Örnek →	Konum	$\vec{x}$	Metre (m)	Vektörel
	Alınan Yol	....	....	....
	....	$\Delta\vec{x}$	....	....
	Sürat	....	....	....
	....	$\vec{v}$	....	....
	....	t	....	....

Doğrusal bir yolda, sürekli aynı yönde hareket eden hareketlilerin sürati ile hızının büyüklüğü birbirine eşittir. Araçlarda hız göstergesi (Görsel 3.1.2) olarak adlandırılan gösterge aslında sürat değerini gösterir. Bu göstergede sürat birimi olarak m/s değil, km/h (kilometre/saat) kullanılır. Araçlar uzun süreler boyunca uzun mesafeler katettiği için zaman saat, uzunluk ise kilometre birimlerinden ifade edilerek günlük hayata uygun hâle getirilmiştir.



Görsel 3.1.2: Sürat göstergesi

ÖRNEK SORU

Ankara'da yaşayan Ertuğrul, Eskişehir'deki lise arkadaşını ziyarete gitmek için 240 km'lik yolu 3 saatte kat eder. Harekete başladığı ve bitirdiği noktalar arası kuş bakışı yer değiştirme mesafesi 210 km olduğuna göre aracın,

a) Sürati

b) Hızının büyüklüğünü km/h cinsinden nedir?

ÇÖZÜM

a) Sürat skaler bir büyüklüktür. Sürat hesaplanırken alınan yol kullanılır. Buna göre aracın sürati,

v =x/t =240/3 = 80 km/h

olur.

b) Vektörel bir büyüklük olan hız, yer değiştirme kullanılarak hesaplanır:

$$\vec{v} = \frac{\Delta\vec{x}}{t}$$

Buna göre aracın hızının büyüklüğü,

$$v = \frac{\Delta x}{t} = \frac{210}{3} = 70 \text{ km/h}$$

olur.

ÖRNEK SORU

Kuzeyden güneye doğru doğrusal yol boyunca 40 m/s'lik hızla 2,5 dakika uçan bir helikopter kaç km yer değiştirme yapar?

ÇÖZÜM

Yer değiştirmenin hesaplanması için hızın matematiksel modelinde bilinen değerler yerine yazılır. Buna göre,

$v = 40 \text{ m/s}$

$t = 2{,}5 \text{ dk} = 2{,}5.60 = 150 \text{ s}$

$\vec{v} = \Delta\vec{x}/t$

$40 = \Delta x/150$

$\Delta x = 6000 \text{ m}$

bulunur. Yer değiştirme km cinsinden istenildiği için birim çevirme işlemi yapılmalıdır.

1000 m =1 km
olduğuna göre

6000 m =6 km olarak bulunur

SIRA SİZDE 9

Hız birimleri arasında 1 m/s = 3,6 km/h eşitliği olduğuna göre,

a) 10 m/s = ... km/h

b) 72 km/h = ... m/s

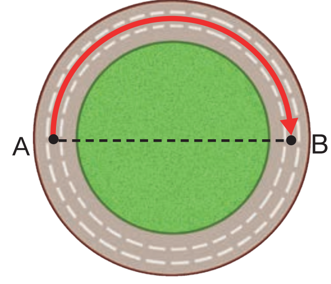
c) 40 m/s = ... km/h

ç) 180 km/h = ... m/s

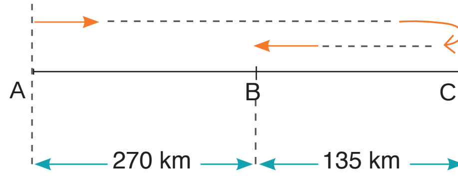
eşitliklerini tamamlayınız.

SIRA SİZDE 10

Çember şeklindeki pistin A noktasından koşmaya başlayan kişi, 30 saniye sonra B noktasına ulaşıyor. AB doğrusu çembersel pistin çapı olup IABI = 180 m'dir.
Buna göre koşucunun sürati ve hızının büyüklüğü kaç m/s'dir? ($\pi = 3$ alınız.)



SIRA SİZDE 11



A şehrinden yola çıkan bir araç, B şehrinden geçerek C şehrine ulaşıyor. Beklemeden geri dönen araç, B şehrinde duruyor. Tüm hareketi boyunca 6 saat geçtiğine göre aracın,
a) Sürati
b) Hızının büyüklüğü kaç km/h'dir?

3.1.2 DÜZGÜN DOĞRUSAL HAREKET (Sabit Hızlı Hareket)

Bir ilden başka bir ile seyahat edilirken farklı güzergâhlar kullanılabilir. Yapılan yer değiştirme aynı olmasına rağmen katedilen yollar birbirinden farklı olur. Bir hareketlinin ilerlediği yol güzergâhı, o hareketlinin yörüngesini verir. **Yörünge**, hareket esnasında izlenen yoldur.

Hareketler yörüngelerine göre adlandırılır. Yüksek hızlı trenler genellikle doğrusal bir yol izler. Bu nedenle hızlı trenlerin hareketi (Görsel 3.1.3) doğrusal harekete örnek olarak verilebilir.



Görsel 3.1.3: Doğrusal yörüngede hareket eden hızlı tren

İki noktayı birleştiren en kısa mesafe **doğru** olarak tanımlanır. Bir doğru boyunca yapılan hareket türüne **doğrusal hareket** denir. Doğrusal hareket sabit hızla yapılıyorsa **düzgün doğrusal hareket** veya sabit hızlı hareket olarak tanımlanır. Burada düzgün kelimesi hızın büyüklüğünün değişmediğini yani sabit hızla hareket edildiğini anlatır.

Hareket hâlindeki cisimlerin hızlarının büyüklüğü hareketin gerçekleşme süresi ve hareketin yapıldığı yolun uzunluğu kullanılarak bulunabilir. Bir hareketlinin süratini bulmak için "Ne kadar hızlıyım?" etkinliğini yapınız.

ETKİNLİK

***ETKİNLİĞİN ADI:* Ne Kadar Hızlıyım?**

***ETKİNLİĞİN AMACI:* Koşma hızının nasıl bulunacağını öğrenmek**

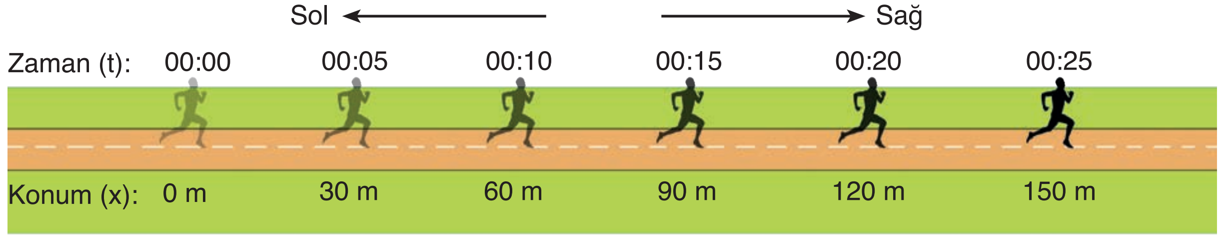
***KULLANILAN MALZEMELER:* Üç kronometre, metre, 10 m uzunluğunda ip**

- *En az 5 kişilik gruplar oluşturunuz.*
- *Okulunuzun bahçesinde veya rahatlıkla koşulabilecek bir parkta 60 metrelik koşu alanını, 10 m'lik ipi kullanarak belirleyiniz.*
- *Başlangıç noktası belirlediğiniz bir yerden yirmişer metrelik uzunlukları işaretleyerek 60 metrelik koşu alanı oluşturunuz.*
- *Başlangıçtaki kişi hariç 20, 40 ve 60. metrelerdeki kişiler kronometre ile hazır beklesin.*
- *Koşucu olabildiğince sabit hızla koşmak için başlangıç noktasının gerisinden koşmaya başlayıp 60 metrelik yolu aynı hızla tamamlamaya çalışsın.*
- *Başlangıç noktasından geçerken herkes kronometresini çalıştırsın.*
- *Bekleyen kişiler koşucunun kendi hizasından geçtiği anda kronometreyi durdursun.*
- *Yapılan ölçümlerle elde edilen verileri tabloya kaydediniz.*
- *Aynı işlemi diğer kişiler için de deneyerek sonuçları kaydediniz.*
- *Bulduğunuz sonuçlarla herkesin hız değerini hesaplayarak bulunuz.*
- *Her kişinin hareketi ile ilgili konum-zaman ve hız-zaman grafiklerini çiziniz.*

ETKİNLİĞİN SONUÇLANDIRILMASI

1) Koşucuların sürelerini karşılaştırınız.
2) Hızlarını büyüklüklerine göre sıralayınız.
3) Koşmaya başlangıç noktasının gerisinden başlanmasaydı sonuçlar nasıl değişirdi?
4) Bu etkinlik 200 veya 400 metrelik parkurlarda yapılırsa sonuçlar nasıl değişir?

Doğrusal bir yolda sabit hızla koşan koşucunun hareketi Şekil 3.1.4'te gösterilmiştir.

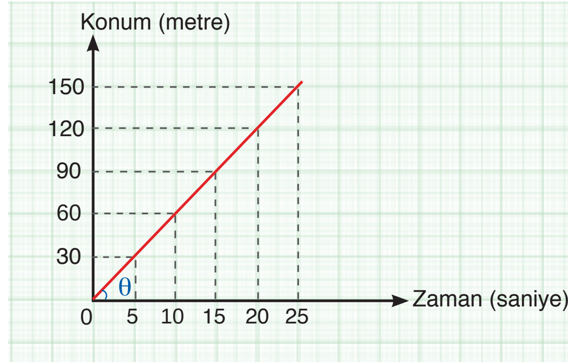


Şekil 3.1.4: Düzgün doğrusal hareket yapan koşucu

Eşit zaman dilimlerinde, eşit yollar alan koşucunun konumu ve hangi anda, o konumda bulunduğu Tablo 3.1.2'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1.2: Düzgün doğrusal hareket yapan koşucu için zaman-konum değerleri

Zaman (s)	0	5	10	15	20	25
Konum (m)	0	30	60	90	120	150



Grafik 3.1.1: Koşucunun konum-zaman grafiği

Matematiksel bir model olan grafik bir hareketin genel davranışını resmeden bir gösterimdir. Bu nedenle koşucunun hareketi tablo ile gösterilebildiği gibi grafik ile de gösterilebilir (Grafik 3.1.1). Bir cismin hareketinin grafiği, hareketin özellikleri hakkında bilgi verir. Grafiğin eğimi ya da grafiğin altında kalan alan harekete ait bilgilere ulaşılmasına olanak tanır.

Konum-zaman grafiğinin eğiminden hareketlinin hızı bulunur.

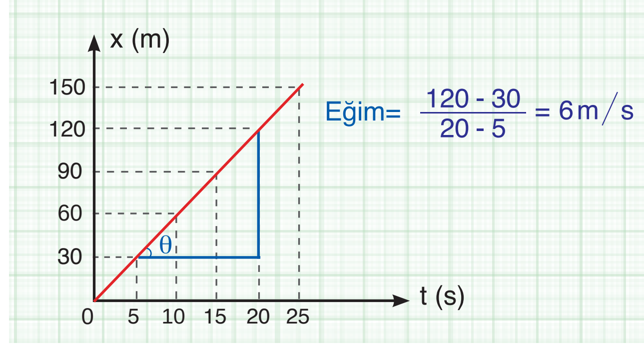
Buna göre,

$$\text{Eğim} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = v$$

$$\text{Eğim} = v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{150 - 0}{25 - 0} = 6 \ \text{m/s}$$

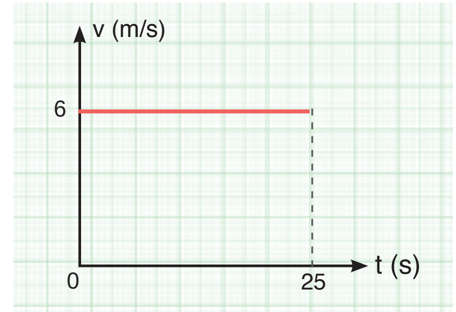
şeklinde olur. Koşucunun hızı sağa doğru 6 m/s'dir.

Düzgün doğrusal harekette hız sabit büyüklükte olduğu için grafiğin eğimi sabittir. Grafiğin herhangi bir bölgesinden de hız hesaplanabilir.

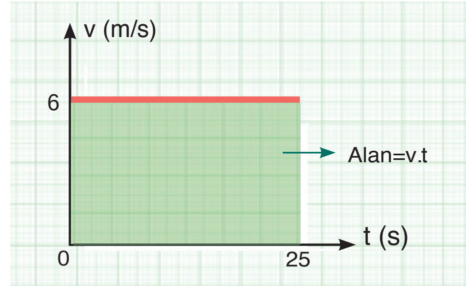


Grafik 3.1.2: Konum-zaman grafiğinden hız hesaplama

Grafik 3.1.2'nin eğimi sabittir. Düzgün doğrusal hareket yapan cisimlerin hızının büyüklüğü zaman içerisinde değişmez. Koşucunun zamana bağlı hız değişimi, Grafik 3.1.3'teki gibi olur.



Grafik 3.1.3: Hız-zaman grafiği



Grafik 3.1.4: Hız-zaman grafiğinden yer değiştirmenin hesaplanması

Hız-zaman grafiğinde grafiğin eğimi sıfırdır. Grafik ile yatay eksen arasında kalan alan cismin yaptığı yer değiştirmeyi verir (Grafik 3.1.4).

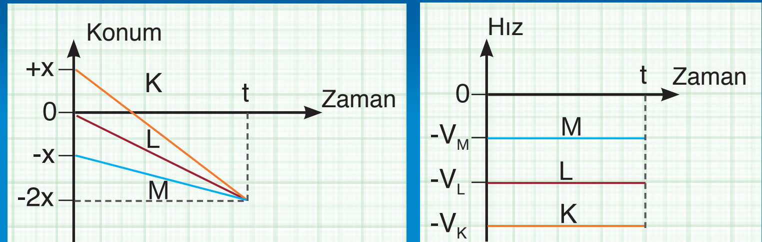
Buna göre koşucunun 25 saniyede yaptığı yer değiştirme aşağıdaki gibi bulunur:

$$\text{Alan} = \Delta x = v.\Delta t$$

$$\Delta x = 6.25$$

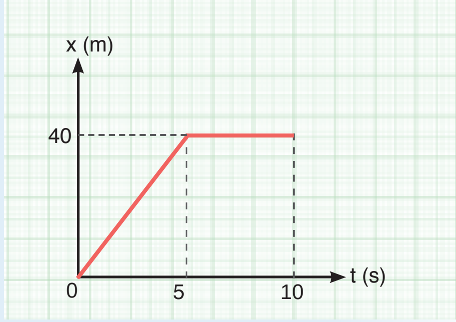
$$\Delta x = 150\,\text{m}$$

+x, 0 ve -x konumlarından harekete başlayan ve negatif yönde ilerleyen K, L ve M hareketlilerinin konum-zaman grafikleri ve hız-zaman grafikleri aşağıdaki gibi olur.



ÖRNEK SORU

Bir hareketlinin zamana bağlı konum değişim grafiği aşağıda verilmiştir.



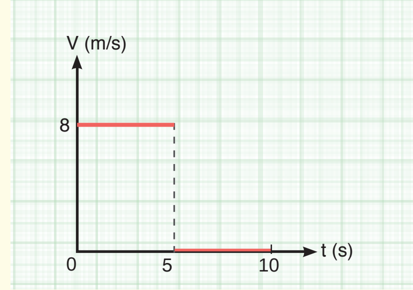
Bu hareketlinin 10 saniyelik zaman dilimi için hız–zaman grafiğini çiziniz.

ÇÖZÜM

Hareket, (0-5 s) ve (5-10 s) aralıkları olmak üzere iki aşamada değerlendirilmelidir. Her aralık için eğim hesaplanmalıdır.
0-5 s aralığında hareketli, 0 m konumundan 40 m konumuna gelerek 40 m yer değiştirmiştir. Bu aralıkta hız büyüklüğü,

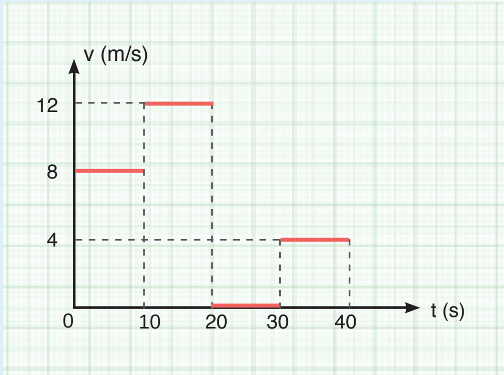
$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{40 - 0}{5 - 0} = 8 \ m/s$$

şeklindedir. Hareketlinin (5-10 s) aralığında konumu değişmemiştir. Cisim, bu zaman aralığında hareketsiz kalmıştır. Buna göre cismin hız-zaman grafiği aşağıdaki gibi olur.



ÖRNEK SORU

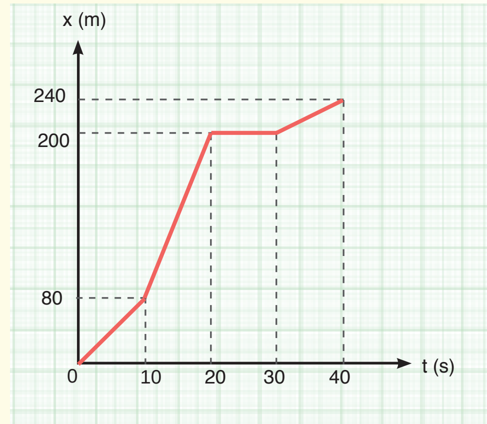
Bir hareketliye ait zamana bağlı hız değişim grafiği aşağıda verilmiştir.



Buna göre hareketlinin konum-zaman grafiğini çiziniz.

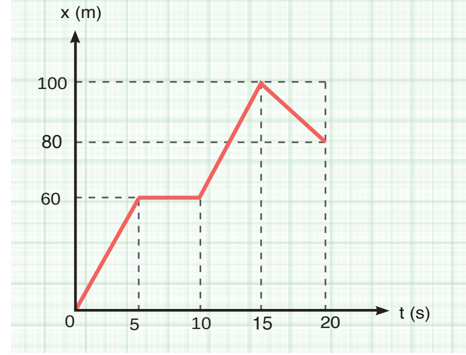
ÇÖZÜM

Hız-zaman grafiğinin altında kalan alan cismin yaptığı yer değiştirmeyi verir.
Grafikte 10 saniyelik 4 bölüm ayrı ayrı ele alınırsa yapılan yer değiştirmeler,
1. bölümde $\Delta x_1 = v_1 . t_1 = 8 . (10 - 0) = 80$ m
2. bölümde $\Delta x_2 = v_2 . t_2 = 12 . (20 - 10) = 120$ m
3. bölümde $\Delta x_3 = v_3 . t_3 = 0 . (30 - 20) = 0$ m
4. bölümde $\Delta x_4 = v_4 . t_4 = 4 . (40 - 30) = 40$ m
şeklinde bulunur.
Toplam yol=80+120+0+40=240 m olur.



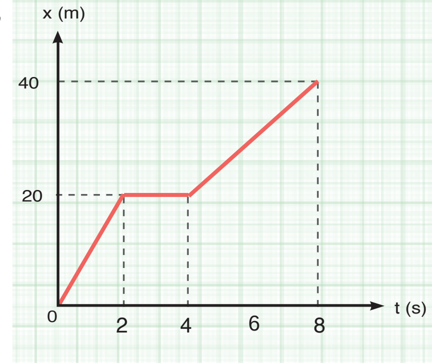
SIRA SİZDE 12

Konum–zaman grafiği verilen hareketlinin 20 saniye sonundaki toplam yer değiştirmesi ve aldığı toplam yol kaç metredir?



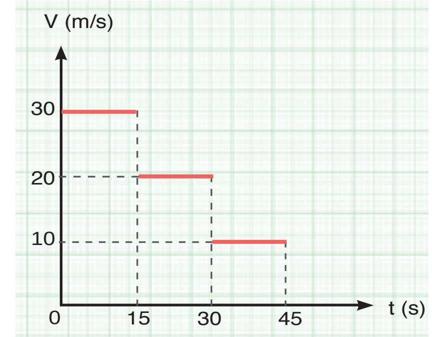
SIRA SİZDE 13

Konum–zaman grafiği verilen hareketlinin hız–zaman grafiğini çiziniz.



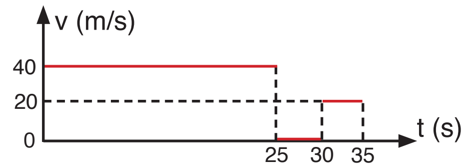
SIRA SİZDE 14

Hız–zaman grafiği verilen hareketlinin konum–zaman grafiği çiziniz.



SIRA SİZDE 15

Hız–zaman grafiği verilen hareketlinin 35 saniye sonunda yaptığı yer değiştirme kaç metredir?



ORTALAMA HIZ

Şehirler arası yolculuklarda yola çıkarken ve yolculuk bitiminde saate bakılarak tüm yolculuğun ne kadar zamanda gerçekleştiği hesaplanır. Bu zamana hızlanma, yavaşlama, sabit hızla ilerleme ve hatta mola süreleri dâhildir. Böyle bir harekette sürat ya da hız yerine ortalama sürat ve ortalama hız kavramları kullanılır.

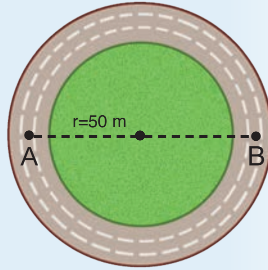
Alınan toplam yolun geçen toplam zamana oranına **ortalama sürat**, yapılan yer değiştirmenin geçen toplam zamana oranına **ortalama hız** adı verilir. Ortalama sürat ve hızın matematiksel modeli,

$$\text{Ortalama sürat} = \frac{\text{Alınan toplam yol}}{\text{Geçen toplam zaman}}$$

$$\text{Ortalama hız} = \frac{\text{Yapılan yer değiştirme}}{\text{Geçen toplam zaman}}$$

şeklindedir.

ÖRNEK SORU



Yarıçap uzunluğu 50 m olan çember biçimindeki bir pistin A noktasından harekete başlayıp çevresinde farklı büyüklükteki hızlarla koşan bir atlet, 5 dakikada 5/2 tur yapıyor.
Buna göre atletin,
a) Ortalama sürati,
b) Ortalama hızının büyüklüğü kaç m/s'dir?
(π=3 alınız.)

ÇÖZÜM

A noktasından harekete başlayan atlet, 5/2 tur sonrasında B noktasına ulaşır.

Bir turda çemberin çevresini 1 kez katettiğine göre 5/2 tur sonra çemberin çevresinin 5/2 katı kadar yol almış olur. Buna göre,
Pistin çevresi=2πr=2.3.50=300 m
5/2 tur yapınca alınan yol = 300.5/2 =750 m olur.
Atletin yaptığı yer değiştirme ise çemberin çapı kadardır.
Çap=2.r=2.50=100 m'dir.
Zaman dakika cinsinden verildiği için birim çevirme işlemi yapılmalıdır.
5 dk=5.60=300 s
Buna göre,

a) $\text{Ortalama Sürat} = \frac{\text{Alınan toplam yol}}{\text{Geçen toplam zaman}}$

$\text{Ortalama Sürat} = \frac{750}{300} = 2{,}5 \text{ m/s}$

b) $\text{Ortalama Hız} = \frac{\text{Yapılan yer değiştirme}}{\text{Geçen toplam zaman}}$

$\text{Ortalama Hız} = \frac{100}{300} = \frac{1}{3} \text{ m/s}$

SIRA SİZDE 16

Muğla-Antalya arası kuş uçuşu mesafe yaklaşık 200 km'dir. Saat 10.25'te Muğla'dan yola çıkan bir sürücü verdiği molalar dâhil olmak üzere 380 km yol alıp saat 18.25'te Antalya'ya ulaşmıştır.

Buna göre sürücünün

a) Ortalama sürati,

b) Ortalama hızı kaç km/h'tir?

Her geçen gün daha fazla kalabalıklaşan ve araç sayısı artan şehirlerde trafik sıkışıklığı daha büyük bir sorun hâline gelmektedir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için farklı tedbirler alınmaktadır. Trafiğin düzen içinde akması için geliştirilen çözümlerden biri yeşil dalga uygulamasıdır.

Yeşil dalga uygulamasında, ilgili yol güzergâhında sürat limiti levhaları (Görsel 3.1.4) bulunur. Levhalarda yazan değerdeki ortalama süratle hareket eden araçların trafik ışıklarında kırmızı ışığa denk gelmeden ilerlemesi planlanmıştır. Belirtilen değerde ortalama sürat ile hareket edilirse kırmızı ışığa denk gelmeden yolculuk yapılabilir.



Görsel 3.1.4: Yeşil dalga sürat limiti levhası

İVME

Uçakların uçuşa geçebilmesi için hızlarını arttırarak belirli bir hıza ulaşmaları gerekir. Piste inen uçakların da pistin sonuna ulaşmadan durmaları için hızlarını zamanla azaltmaları gerekir. Benzer şekilde duraktan harekete geçen bir otobüsün hızı artarken, bir sonraki durağa yaklaştığında hızı azalır.

Örneklerden görüldüğü üzere durgun hâlden harekete geçen cisimlerin hızları sıfırdan bir değere kadar artar. Durma olayında ise belirli bir değerdeki hız azalarak sıfır olur. Hızda, birim zamanda (1 saniyede) meydana gelen değişikliğe **ivme** adı verilir. Vektörel bir nicelik olan ivme, $\vec{a}$ sembolü ile gösterilir. İvmenin SI'daki birimi m/s^2 dir.

İvmenin matematiksel modeli,

$$\text{İvme}=\frac{\text{Hızdaki değişim miktarı}}{\text{Geçen zaman}}$$

$$\vec{a}=\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}=\frac{\vec{v}_{son}-\vec{v}_{ilk}}{t_{son}-t_{ilk}}$$

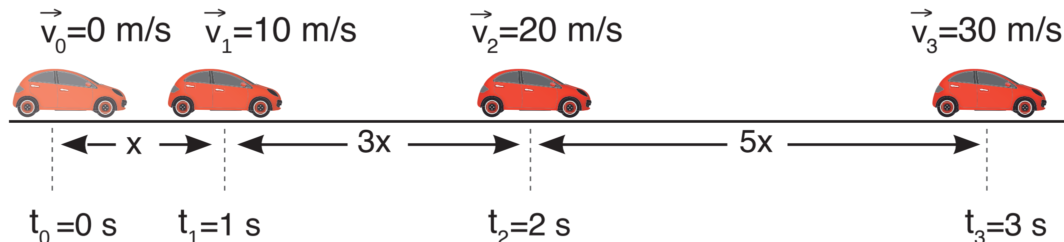
şeklindedir. Hızı zamanla değişen cisimler ivmeli hareket yapar. Düzgün doğrusal hareket yapan cisimlerin hızı değişmediği için ivmeleri yoktur.

SIRA SİZDE 17

Aşağıda verilen hareket örneklerinde ivmeli hareket yapanların yanındaki kutucuğa √ (tik) atınız.

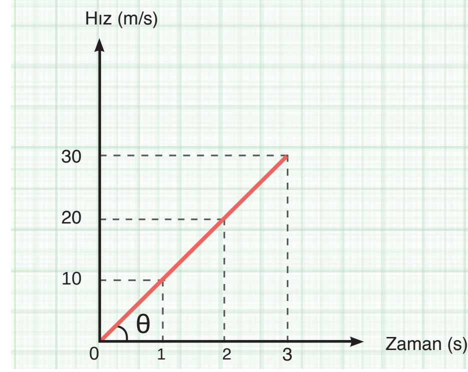
☐	a) Sabit hızla yükselmekte olan balon
☐	b) Duruştan 90 km/h'lik hıza ulaşan otomobil
☐	c) 70 km/h'lik sabit hızla doğrusal yolda ilerleyen trenin içinde hareketsiz duran çocuk
☐	ç) 20 m/s'lik hızla ilerlerken 17 saniyede yavaşlayıp duran kamyon

Yarış otomobilleri, sıradan otomobillere göre daha kısa zamanda hızlanır. Sıradan otomobiller duruştan 100 km/h hıza (15-20 s) sürede ulaşabilirken yarış otomobilleri aynı hıza yaklaşık 3 s'de ulaşabilmektedir. Bir otomobil 108 km/h (30 m/s) hıza 15 saniyede ulaştığında hızı, her saniyede 2 m/s artar. Aynı hıza 3 s'de ulaşan yarış otomobilinin hızı ise her saniyede 10 m/s artar. Duruştan harekete geçen bir yarış otomobilinin hızlanması Şekil 3.1.5'te verilmiştir.



Şekil 3.1.5: Yarış otomobilinin belirli zamanlardaki hızı

Hızı her saniye 10 m/s artan bu otomobilin zamana bağlı hız değişimi Grafik 3.1.5'te gösterilmiştir.



Grafik 3.1.5: Hız-zaman grafiği

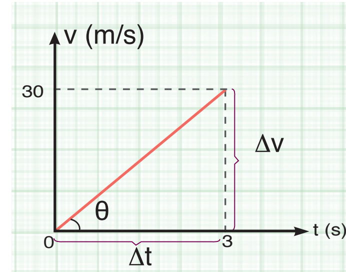
Grafik 3.1.5'te görüldüğü gibi hareketlinin hızı düzgün biçimde artmaktadır. Hızın düzgün arttığı hareket türüne **düzgün hızlanan hareket** denir. Bu harekette hız, zamana bağlı olarak düzgün değiştiği için hız ile aynı yönlü, sabit bir ivme vardır.

Hız-zaman grafiğinin eğimi ivmeyi verir. Buna göre,

$$\text{Eğim}=\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}=\vec{a}$$

olur.

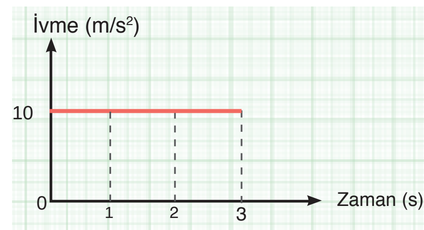
İvme, hız-zaman grafiğinde eğrinin eğiminden bulunabilir. Düzgün hızlanan hareket için ivme sabit olduğundan eğrinin eğimi her yerde aynıdır. Otomobilin ivmesi Grafik 3.1.6'ya göre,



Grafik 3.1.6: Hız-zaman grafiğinin eğimi

$$\text{Eğim}= a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{30-0}{3-0}=10\ m/s^2$$

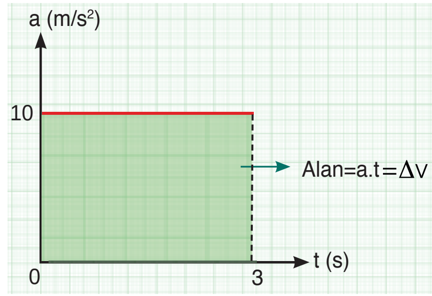
şeklinde bulunur. İvme pozitif değerdedir. Hız ile ivmenin yönü aynıdır. Hızındaki artış sabit olan yani sabit ivmeli hareket yapan otomobilin zamana bağlı ivme değişimi grafiği Grafik 3.1.7'deki gibi olur.



Grafik 3.1.7: Otomobilin ivme-zaman grafiği

İvme ile hız vektörü aynı yönlü ise ivme hızın artmasını sağlar. Zıt yönlü olduklarında hızın azalmasını sağlar. Negatif yönde ilerleyen cisimler de aynı şekilde hızlanır veya yavaşlar.

İvme-zaman grafiğinin altında kalan alan hızdaki değişim miktarını verir (Grafik 3.1.8).



Grafik 3.1.8: İvme-zaman grafiğinde hız değişimi hesaplaması

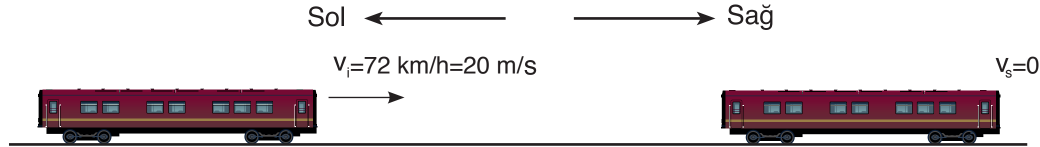
Buna göre otomobilin 3 s'de hızında meydana gelen değişim,

$$Alan = a.t = \Delta v = 10.3 = 30 \text{ m/s}$$

olarak bulunur.

Sabit ivmeli hızlanan hareket yapan cismin hızı düzgün olarak artar. Hız vektörünün yönü ile ivme vektörünün yönü aynıdır.

Hızlanmada olduğu gibi yavaşlamada da ivmenin etkisi vardır. 72 km/h'lik (20 m/s) hızla ilerlerken, yavaşlayarak 20 saniyede duran trenin hareketi Şekil 3.1.6'da verilmiştir.



Şekil 3.1.6: Trenin belirli zamanlardaki hızı

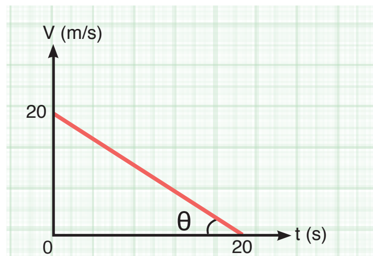
Hızı giderek azalan tren ivmeli hareket yapmıştır. Hızı sağa doğru azalan trenin ivmesi sola doğrudur. İvme;

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_{son} - \vec{v}_{ilk}}{t_{son} - t_{ilk}}$$

matematiksel modeli ile bulunur. Buna göre trenin ivmesinin büyüklüğü,

$$a = \frac{0 - 20}{20 - 0} = -1 \; m/s^2$$

şeklindedir. Trenin ivmesi negatif değerdedir. Eksi işareti hız vektörü ile ivme vektörünün yönlerinin zıt olduğu anlamındadır. Bu sebeple de cisim yavaşlayarak durur. Düzgün yavaşlayarak duran trenin hız-zaman grafiği Grafik 3.1.9'daki gibi çizilir.

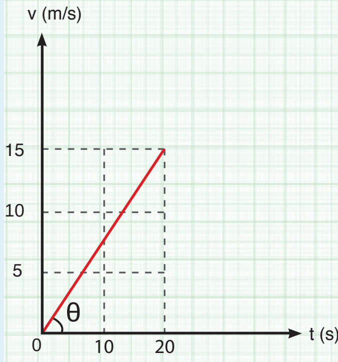


Grafik 3.1.9: Trenin hız-zaman grafiği

Sabit ivmeyle yavaşlayan, cismin hızı düzgün azalır. Hız vektörünün yönü ile ivme vektörünün yönü birbirine zıttır.

ÖRNEK SORU

Bir hareketlinin zamana bağlı hız değişimi grafiği verilmiştir.



Hareketlinin ivmesi kaç m/s² dir?

ÇÖZÜM

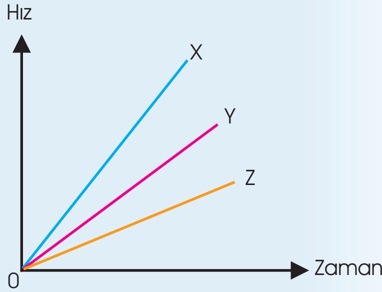
Grafiğin eğimi ivmeyi verir. Buna göre hareketlinin ivmesi

$$a = \text{Eğim} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{15 - 0}{20 - 0} = \frac{3}{4}\ m/s^2$$

bulunur.

ÖRNEK SORU

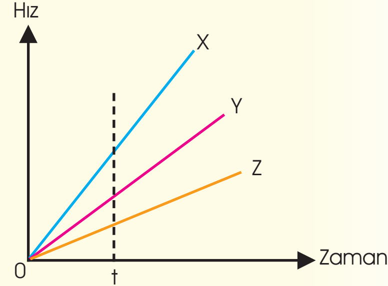
X, Y ve Z araçlarının zamana bağlı hız değişim grafiği verilmiştir.



Araçlarının ivmeleri sırasıyla a_X, a_Y ve a_Z olduğuna göre, ivmeler arasındaki büyüklük ilişkisi nedir?

ÇÖZÜM

İvme, belirli bir zaman aralığında hızdaki değişimdir. Bu sebeple araçların ivmelerini karşılaştırmak için belirli bir zaman aralığındaki hız değişimini belirlemek gerekir. Aynı sürede daha yüksek hıza ulaşan aracın ivmesi daha büyüktür.



Buna göre ivmeler arasındaki büyüklük ilişkisi $a_X > a_Y > a_Z$ şeklindedir.

SIRA SİZDE 18

Bir hareketlinin belirli zamanlardaki hız değerleri tabloda verilmiştir.

Zaman (s)	0	5	10	15
Hız (m/s)	10	15	20	25

Hareketli +x yönünde ilerlediğine göre hareketliye ait
a) Zamana bağlı hız değişim grafiğini
b) Zamana bağlı ivme değişim grafiğini çiziniz.

Hareket hâlindeki bir aracın sürati araçtaki hız göstergesinden okunur. Göstergeden okunan değer, hareketlinin o anki süratini verir. Bu nedenle göstergeden okunan o anki değer **ani sürat (anlık sürat)** olarak adlandırılmaktadır. Ani sürat skaler bir niceliktir. Ani hız (anlık hız) ise hareketlinin herhangi bir andaki hızıdır. Ani hız vektörel bir büyüklüktür.

Buradaki an kavramı günlük yaşamdan farklı olarak fizik biliminde tek bir zaman noktasına karşılık gelir. Örneğin belirli bir yükseklikten bırakılan bir cisim, yer çekimi kuvveti etkisi altında giderek hızlanır. Cismin yere düşene kadarki anlık hızlarına bakıldığında hızının sürekli arttığı gözlenir. Benzer bir durum uzay mekiklerinin uzaya fırlatılışında da görülür. Başlangıçta durgun olan roket harekete geçtiği andan atmosferi aşıncaya kadar sürekli hızlanır. Dolayısıyla roketin anlık hızları birbirinden farklı olur. Durgun hâldeki top, futbolcunun vuruşu ile beraber harekete geçer. Topun herhangi bir andaki hızı, yörüngesi boyunca herhangi bir andaki diğer hızlarından farklıdır.

3.1.3 FARKLI REFERANS NOKTALARINA GÖRE HAREKET

Günümüzde evrenin oluşumu ile ilgili teorilerden en çok kabul göreni Büyük Patlama Teorisi'dir. Bu teoriye göre sürekli genişleyen evrende durağan bir cisme rastlamak neredeyse imkânsızdır. Gök adalardan (galaksi) atom çekirdekleri etrafında dolanan elektronlara kadar her şey hareket etmektedir. Dünya'nın kendi ekseni etrafında saatte yaklaşık 1670 km'lik hızla döndüğü, Güneş etrafında da saatte ortalama 108000 km'lik hızla dolandığı bilinmektedir. Dünya üzerindeki varlıkların bu hızla döndüğünü hissetmemesinin sebebi Dünya ile birlikte hareket etmesidir. Öte yandan uzaydan Dünya'ya bakan bir astronot Dünya'nın bu hızla döndüğünü gözlemleyebilir. Hareket, belirli bir referans noktasına göre tanımlanır. Astronot örneğinde olduğu gibi gözlemci yeryüzünde bulunuyorsa Dünya'nın hareketsiz olduğunu, uzayda bulunuyorsa Dünya'nın döndüğünü yani hareket ettiğini gözlemler. Dünya duruyor mu, hareket mi ediyor? Aslında burada fiziksel olarak tek bir olay gerçekleşir. Dünya belirli bir hızda dönüş hareketi yapar. Gözlemciler farklı referans noktalarında (gözlem çerçevesi) bulunduğu için hareket farklı şekilde tanımlanır.

Otobüste (Görsel 3.1.5) seyahat eden bir gözlemci, otobüste bulunan diğer yolcuları hareketsiz olarak tanımlarken; yol kenarında duran bir başka gözlemci, otobüsü ve içinde bulunan tüm yolcuları otobüsle birlikte hareket ediyor olarak tanımlar. Bu olay hareketin göreceli olması şeklinde açıklanır. **Göreceli (bağıl) hareket**, cisimlerin seçilen farklı referans noktalarına göre farklı hareket ediyor olarak algılanmasıdır. Örneğin otobüste bulunan gözlemci dışarı baktığında otobüsten daha hızlı ilerleyen bir başka aracın ileri doğru, daha yavaş ilerleyen aracın da geriye doğru hareket ettiğini



Görsel 3.1.5: Hareket ya da seyir halindeki otobüs

gözlemler. Yol kenarında duran gözlemci ise her iki aracın da ileriye doğru hareket ettiğini gözlemleyecektir. Sonuç olarak hareket, gözlem yapılan noktaya göre tanımlanmaktadır.

ETKİNLİK

ETKİNLİĞİN ADI: Kime Göre Hareketli

ETKİNLİĞİN AMACI: Hareketin göreceli olduğunu kavramak

KULLANILAN MALZEMELER: Kâğıt, kalem

- *Dörder kişilik gruplar oluşturunuz.*
- *Okul bahçesinde kuzey-güney veya doğu-batı hareket doğrultularını belirleyiniz.*
- *Etkinlik boyunca her öğrencinin gözlemlerini not etmesi için bilgi veriniz.*

I. AŞAMA

- *Bahçede 30 metrelik bir mesafenin başlangıç ve bitiş noktalarını işaretleyiniz. Başlangıç noktasına üç (A, B ve C), bitiş noktasında bir (D) öğrenci duracak şekilde grup üyelerini belirleyiniz.*
- *Şekil 1'de görüldüğü gibi A ve C öğrencilerinin D'ye doğru aynı büyüklükteki hızla ilerleyeceğini açıklayarak komutla hareketi başlatınız.*





Şekil I

II. AŞAMA

- *Öğrencilerin Şekil 2'de belirtildiği gibi durmalarını söyleyiniz. Komut verilince B'nin yavaş, C'nin hızlı adımlarla D'ye doğru yürümesi ve A'nın gözlemci olarak yerinde durması için açıklama yapınız. Daha sonra komut veriniz.*





Şekil II

III. AŞAMA

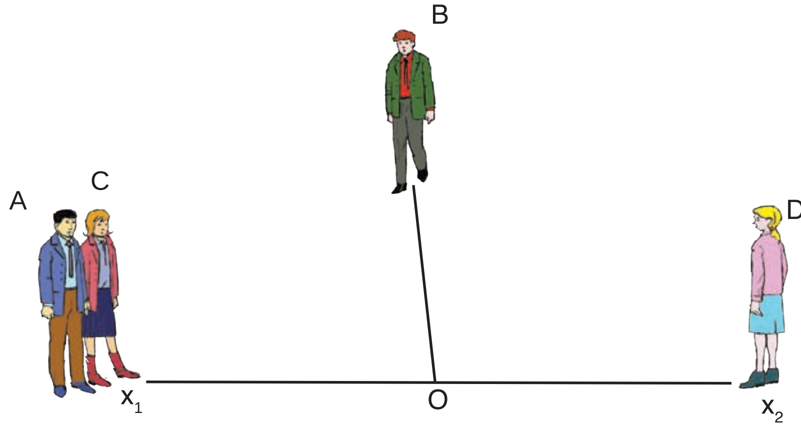
- *Şekil 3'de olduğu gibi A ve C öğrencilerine başlangıç noktasında, B ve D öğrencilerine de bitiş noktasında durmalarını söyleyiniz. Aynı anda başlamak üzere A öğrencisinin bitiş noktasına, B öğrencisinin de başlangıç noktasına doğru yürümesi için komut veriniz.*



Şekil III

IV. AŞAMA

- *30 m'lik hareket çizginizin ortasından başlayarak dik doğrultuda 15 m mesafeyi ölçüp işaretleyiniz. Öğrencilere Şekil 4'te olduğu gibi durmaları ve komutla birlikte B ve C'nin O noktasına doğru aynı hızda yürümeleri için açıklama yapınız. Daha sonra komut veriniz.*



Şekil IV

ETKİNLİĞİN SONUÇLANDIRILMASI

- *Aynı yönde aynı hızla ilerleyen öğrencilerin hareketlerini birbirlerine göre nasıl yorumlarsınız?*
- *Aynı yönde farklı hızla ilerleyen öğrencilerin hareketlerini birbirlerine göre nasıl yorumlarsınız?*
- *Zıt yönde aynı hızla ilerleyen öğrencilerin hareketlerini birbirlerine göre nasıl yorumlarsınız?*
- *Farklı yönde aynı hızla ilerleyen öğrencilerin hareketlerini birbirlerine göre nasıl yorumlarsınız?*
- *Çevrenizde hareket eden tren, otobüs veya minibüs gibi araçlara bakıp, aracın hareketli kendinizin durağan ve aracın durağan kendinizin hareketli olduğunu bir an düşünerek göreli durumu değerlendiriniz.*

3.2 KUVVET

Bu Bölümde Öğrenilecek Anahtar Kavramlar

- Kuvvet
- Kütle çekim kuvveti
- Dengelenmiş kuvvet
- Dengelenmemiş kuvvet
- Net kuvvet



Fizik tarihinde Newton ve ağaçtan düşen elma hikâyesi en bilindik bilim öyküsüdür. Günlük hayatta aslında çok olağan bir durum olan elmanın ağaçtan düşmesi Newton ile birlikte bilimsel bir düşünce kaynağına dönüşür. Bu öykünün gerçek olup olmadığı kesin olarak bilinmese de Newton'ın evrenle ilgili pek çok bilinmeyeni açıkladığı, fizik tarihine yön verdiği kesindir.

Elma Dünya'ya düşerken gezegenler nasıl oluyor da birbirine yaklaşmıyor veya Güneş'e düşmüyor? Elma da tıpkı Ay gibi Dünya'nın çekim etkisi altındadır. Güneş sisteminde bulunan gezegenler ve diğer gök cisimleri de Güneş'in çekim kuvvetinin etkisiyle belli bir yörünge etrafında dönmektedir. Newton yıldızları ve gezegenleri gökyüzünde tutan etki ile elmayı yere düşüren etkinin aynı şey olduğunu öne sürerek "İki cisim birbirini nasıl çeker?" sorusuna cevap aramış ve bulmuştur. Newton'a göre cisimler birbirlerini kütle çekim kuvveti ile çekmektedir. Kütle Çekim Yasası adı verilen bu yasa evrendeki her şey için geçerli olduğundan evrensel bir yasa olmuştur. Mekanik biliminin temelini oluşturan Evrensel Kütle Çekim Yasası sayesinde insanoğlu Ay'a ayak basmış, yeni gezegenlere ulaşmıştır. Önümüzdeki yıllarda Mars'ta koloni kurmak için planlar yapılmaktadır.

Cisimlere dokunmadan kuvvet uygulanabilir mi?

Kuvvetler farklı biçimlerde sınıflandırılabilir mi?

Atom çekirdeğindeki pozitif yüklü protonları bir arada tutan kuvvet nedir?

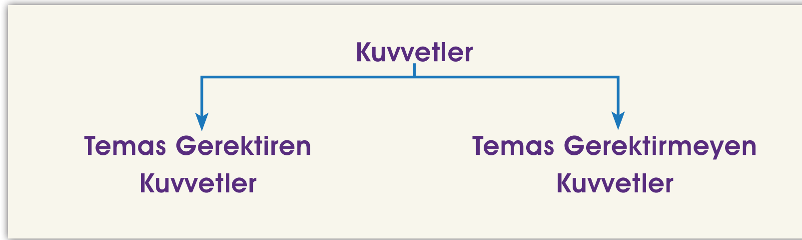
Bu soruların ve konuyla ilgili akla gelebilecek diğer soruların cevaplarına ünitenin bu bölümünde yer verilecektir. Kuvvet tanımlanacak, kuvvet çeşitlerine değinilecek, dengelenmiş ve dengelenmemiş kuvvetlerden bahsedilecektir.

3.2.1 KUVVET KAVRAMI

Futbol maçları günümüzün en popüler spor müsabakaları arasındadır. Başlangıç anında durağan hâldeki top maç süresince hızlanma, yavaşlama, yön değiştirme gibi hareketler yapar. Uygulanan kuvvet nedeniyle topun şeklinde değişiklikler meydana gelebilir. Esnek yapıya sahip olan top, çok kısa zamanda eski şeklini alır. Uygulanan kuvvetin çok büyük olması durumunda top patlayabilir.

Cisimlerin şeklini, hareket doğrultusunu, yönünü değiştirebilen, durgun bir cismi harekete geçirebilen, hareketli bir cismi durdurabilen etkiye **kuvvet** adı verilir. Vektörel bir büyüklük olan kuvvet $\vec{F}$ ile gösterilir. Şiddeti dinamometre ile ölçülen kuvvetin SI'daki birimi newton olup birim kısaltması N'dir.

Kuvvetler, temas gerektirip gerektirmemesine bağlı olarak iki gruba ayrılır.



TEMAS GEREKTİREN KUVVETLER

Temas gerektiren kuvvetlerde kuvvet ile kuvvetin uygulandığı nesne arasında fiziksel temas vardır. Bu kuvvetlere verilebilecek bazı örnekler;

- akışkanların kaldırma kuvveti,
- itme kuvveti,
- çekme kuvveti,
- kas kuvveti,
- rüzgâr kuvveti,
- buhar kuvveti,
- sürtünme kuvveti,
- hava direnci

şeklindedir.

TEMAS GEREKTİRMEYEN KUVVETLER

Temas gerektirmeyen kuvvetlerde kuvvet ile kuvvetin uygulandığı nesnenin temas etmesi gerekmez. Bu kuvvetlere verilebilecek örnekler;

- manyetik kuvvet,
- elektriksel kuvvet,
- kütle çekim kuvveti,
- atom çekirdeğindeki nükleer kuvvetler

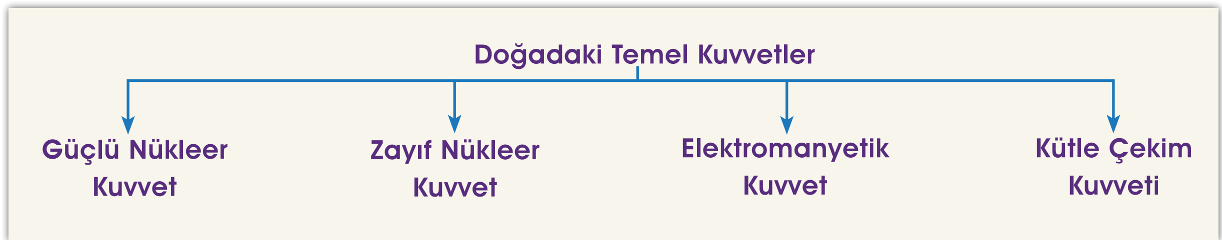
şeklindedir.

SIRA SİZDE 19

Tabloda verilen kuvvetlerin temas gerektiren/temas gerektirmeyen kuvvet olduğuna karar vererek ilgili kutucuğa √ (tik) atınız.

	Temas Gerektiren Kuvvet	Temas Gerektirmeyen Kuvvet
a) Kapıyı açmak için kapı koluna uygulanan kuvvet	☐	☐
b) Yukarıya doğru zıplayan çocuğu aşağıya doğru çeken kuvvet	☐	☐
c) Gezegenlerin Güneş'in etrafında dolanmasını sağlayan kuvvet	☐	☐
ç) Okun yaydan ayrılmasını sağlayan kuvvet	☐	☐
d) Yüksek atlama yapan sporcunun zıplamasını sağlayan kuvvet	☐	☐
e) Buzdolabı kapısının açılmasını zorlaştıran kuvvet	☐	☐
f) Uçurtmaların uçmasını sağlayan kuvvet	☐	☐

Temas gerektirmeyen kuvvetler, doğada var olan doğal kuvvet kaynaklarıdır. Bu kuvvetler kendi içinde dört gruba ayrılır.



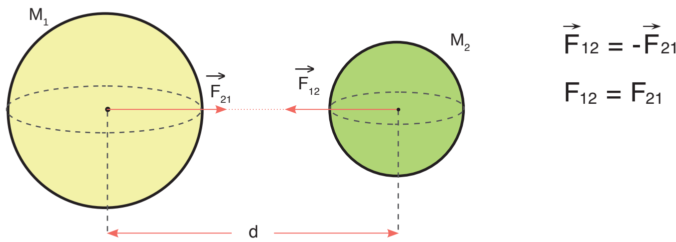
1. **Güçlü Nükleer Kuvvet:** Bu kuvvetler, atom çekirdeğinde pozitif (+) yüklü protonların ve yüksüz (nötr) nötronların bir arada durmasını sağlayan kuvvettir. En şiddetli kuvvet olmasına rağmen atom çekirdeği boyutunda etkilidir.

2. **Zayıf Nükleer Kuvvet:** Pek çok parçacığın ve atom çekirdeğinin kararsız olmasından sorumludur. Güçlü nükleer kuvvetler gibi etkisi atom çekirdeği boyutlarında gözlenen kuvvettir.

3. **Elektromanyetik Kuvvet:** Elektrik yükleri arasındaki etkileş-

meleri tanımlar. Durgun elektrik yüklerinin çevresinde elektrik alan oluşur ve durgun yükler yalnızca elektrostatik etkileşmelerde bulunur. Hareket eden yükler ise çevrelerinde manyetik alan oluşturarak elektromanyetik etkileşmelerde bulunur. Aynı cins elektrik yüküyle yüklü cisimler birbirini iterken zıt yüklü olanların çekmesi veya aynı cins mıknatıs kutupların birbirini iterken zıt kutupların birbirini çekmesi gibi durumları yöneten kuvvetlerdir. Elektromanyetik kuvvetlerin menzili sonsuz olup sonsuzda sıfır olur.

4. **Kütle Çekim Kuvveti:** Temel kuvvetler arasındaki en zayıf kuvvet olmasına rağmen evrenin bugünkü şeklinde en etkili olan kuvvettir. Newton tarafından tanımlanan kütle çekim kuvveti sadece çekme özelliği gösteren bir kuvvettir. Kuvvetin büyüklüğü kütlelerin büyüklüğü ile doğru, kütleler arasındaki mesafenin karesi ile ters orantılıdır. Kütle çekim kuvvetlerinin menzili sonsuz olup sonsuzda sıfır olur. Aralarında d mesafesi bulunan M_1 ve M_2 kütleli iki cisim (Şekil 3.2.1) birbirine çekme kuvveti uygular. Cisimlerin birbirlerine uyguladıkları kuvvetler eşit büyüklükte, zıt yönlüdür. M_1 kütleli cismin M_2 kütleli cisme uyguladığı kuvvet $\vec{F}_{12}$, M_2 kütleli cismin M_1 kütleli cisme uyguladığı kuvvet $\vec{F}_{21}$ olmak üzere kuvvetler arasındaki ilişki,



$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

$$F_{12} = F_{21}$$

Şekil 3.2.1: Kütle çekim kuvveti

şeklindedir.

Evrensel çekim sabiti G olmak üzere kütle çekim kuvvetinin büyüklüğünü veren matematiksel model

$$F = G.\frac{M_1.M_2}{d^2}$$

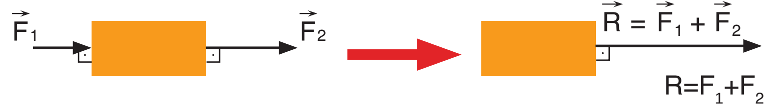
şeklindedir.

BİLEŞKE KUVVET

Bir cisme aynı anda birden fazla kuvvet uygulanabilir. Kürek takımlarında birden fazla sporcu bulunur. Sporcular küreklere kuvvet uygulayarak tekneyi hareket ettirirler. Tekne kürekçilerin uyguladığı toplam kuvvetin büyüklüğüne göre hareket eder. Uygulanan bütün kuvvetlerin etkisini tek başına gösterebilen kuvvete **bileşke kuvvet (net kuvvet)** adı verilir. Başka bir ifadeyle bileşke kuvvet, cisme etki eden kuvvetlerin vektörel toplamıdır. Bileşke vektör $\vec{R}$ ile gösterilir.

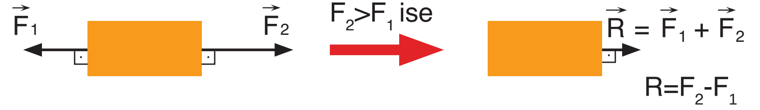
Kuvvet vektörel bir nicelik olduğu için bileşke kuvvet, vektörel hesaplamalarla bulunur.

Cisme etki eden aynı yön ve doğrultudaki kuvvetlerin bileşkesi Şekil 3.2.2'deki gibi uygulanan kuvvetlerle aynı yön ve doğrultuda olur. Büyüklüğü ise iki kuvvetin büyüklüğünün toplamı kadardır. Yolda kalmış bir arabayı tek kişi hareket ettirmekte zorlanabilir. Arabayı birkaç kişi aynı anda itmeye başlayınca araba daha kolay hareket eder. Bir araba çekicisi ise arabayı tek bir kuvvet uygulayarak çeker. Araba çekicisi tıpkı bileşke kuvvet gibidir, bu kişilerin uyguladığı kuvvetin etkisini tek başına gösterir.



Şekil 3.2.2: Aynı yön ve doğrultudaki kuvvetlerin bileşkesi

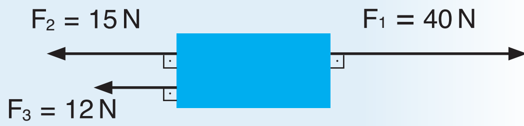
Zıt yönde ve aynı doğrultudaki kuvvetlerin bileşkesi ise Şekil 3.2.3'teki gibi kuvvetlerle aynı doğrultuda olur. Bileşke kuvvetin yönü, büyük olan kuvvetin yönündedir. Bileşke kuvvetin büyüklüğü ise kuvvetlerin büyüklüklerinin birbirinden çıkartılması ile bulunur.



Şekil 3.2.3: Zıt yönlü ve aynı doğrultudaki kuvvetlerin bileşkesi

ÖRNEK SORU

Şekildeki cisme aynı doğrultuda üç kuvvet etki etmektedir.



Buna göre bileşke kuvvetin yönünü ve büyüklüğü nedir?

ÇÖZÜM

Bileşke kuvvetin büyüklüğü aynı yönlü kuvvetlerin büyüklüklerinin toplanması ve zıt yönlü kuvvetlerin büyüklüklerinin çıkartılması ile bulunur. R, bileşke kuvvetin büyüklüğü olmak üzere,

$R=F_1-(F_2+F_3)$

$R=40-(15+12)$

$R=13$ N

bulunur. F_1 kuvvetinin büyüklüğü, F_2 ve F_3 kuvvetlerinin büyüklüklerinin toplamından daha fazla olduğu için bileşke kuvvet F_1 kuvveti ile aynı yöndedir.

R=13 N



SIRA SİZDE 20

125, 140, 260 ve 280 newtonlık kuvvet uygulayabilen dört arkadaş ikili gruplar oluşturup halat çekme oyunu oynuyor. Oluşturulabilecek ikili grupları göz önünde bulundurarak en büyük ve en küçük bileşke kuvvetin kaç N olduğunu bulunuz.

DENGELENMİŞ VE DENGELENMEMİŞ KUVVETLER



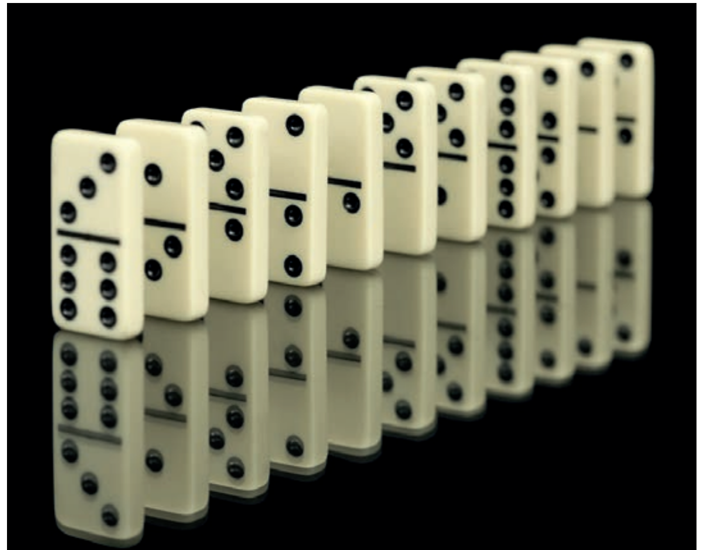
Görsel 3.2.1: Halat çekme oyunu oynayan çocuklar

Halat çekme oyunu eşit sayıda oyuncudan oluşan iki takım ve bir halat ile oynanır. Oyun alanında önce belirgin bir çizgi çizilir. Her iki takımın liderleri, ayakları çizgiyi geçmeyecek şekilde durur ve halatı iki ucundan karşılıklı tutar. Bu sırada takım oyuncuları liderlerinin arkasından halatı tutarak sıra olur. Oyun komutla başlar ve halat üzerinde zıt yönlerde kuvvetler uygulanarak oyuncular karşı takımı kendilerine doğru çekmeye çalışırlar. Çizgiyi geçen takım oyunu kaybeder. Görsel 3.2.1'deki gibi sağa doğru uygulanan kuvvetlerin toplamıyla sola doğru uygulanan kuvvetlerin toplamı göz önüne alındığında bileşke kuvveti büyük olan takım oyunu kazanır. Takımların bileşke kuvvetlerinin büyüklükleri birbirine eşit olursa kuvvetler dengelenir ve çizgiyi geçen takım olmaz.

Cisim üzerine etki eden bileşke kuvvetlerin toplamı sıfırsa cisim dengededir. Dengede olan cisimler duruyorsa durmasına devam eder. Hareketli cismin üzerindeki net kuvvet sıfır ise hareketini hareket doğrultusunda sabit hızla sürdürür.

Dengede duran bir cisme dışarıdan bir kuvvet uygulanmadığı sürece hareket etmez. Örneğin masanın üzerindeki bilgisayar duruyor ise bilgisayara uygulanan çekim kuvveti masayla dengeleniyor demektir. Bilgisayara dışarıdan bir kuvvet uygulanmadığı sürece de durmaya devam edecektir. Bir başka örnek de domino taşlarının desen oluşturacak şekilde düz bir zemine dizilmesi üzerinden verilebilir. Domino taşları dengede olduğu için düşmeden durur (Görsel 3.2.2).

Hareket hâlinde dengede olan cisme sabit hızla giden bir araç örnek olarak verilebilir. Araca dışarıdan bir kuvvet uygulanmadığı sürece araç dengede olur ve aynı hızla hareketine devam eder. Cisim dengedeyse bu cisim üzerine etki eden kuvvetlerin toplamı yani net kuvvet sıfırdır. Bu şartı sağlayan kuvvetlere **dengelenmiş kuvvetler** denir.



Görsel 3.2.2: Domino taşları

Halat çekme oyununda takımların bileşke kuvvetlerinin büyüklükleri birbirinden farklı ise denge bozulur ve bileşke kuvveti büyük olan takım oyunu kazanır. Masa ve bilgisayar örneğinde masa, bilgisayarın ağırlığını dengeleyemeyecek olursa veya bilgisayara, masaya dışarıdan bir kuvvet uygulanırsa her ikisi de devrilir. Domino taşlarına da bir etki yapılırsa denge bozulur ve domino taşları düşmeye başlar. Her devrilen domino taşı bir sonrakinin dengesini bozarak taşların peşpeşe devrilmesine sebep olur. Denge şartını bozan kuvvetlere **dengelenmemiş kuvvetler** denir. Dengelenmemiş kuvvetlerin etkisinde kalan cisim, bileşke kuvvet doğrultusunda ivmeli hareket eder.

ÖRNEK SORU

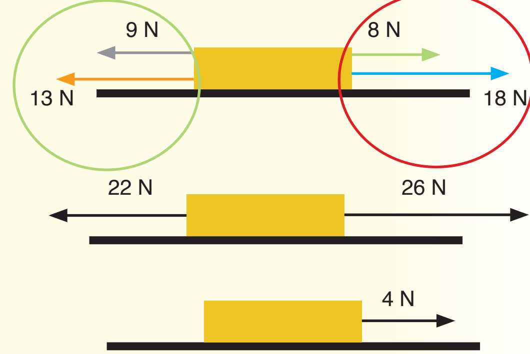
Sürtünmesiz yatay zeminde durmakta olan cisme yatay yola paralel, büyüklükleri şekilde verilen kuvvetler etki etmektedir.



Buna göre cismin hareket durumu için ne söylenebilir?

ÇÖZÜM

Cismin hareket durumu hakkında yorum yapılabilmesi için cisme etki eden net kuvvet bulunmalıdır. Bunun için aynı yönlü kuvvetler toplanır ve zıt yönlü kuvvetler birbirinden çıkartılır.



4 N'lık kuvvetin etkisinde kalan cisim sağa doğru hızlanarak hareket eder.

SIRA SİZDE 21

Sürtünmesiz yatay zeminde durmakta olan cisme yatay yola paralel, büyüklükleri şekilde verilen iki kuvvet uygulanmaktadır.



Cismin üzerindeki kuvvetlerin dengelenmesi için cisme uygulanması gereken 3. kuvvetin yönü ve büyüklüğü ne olmalıdır?

SIRA SİZDE 22

Yatay doğrultuda beş kuvvetin etkisinde kalan cisim dengededir.



Dört kuvvet şekilde gösterilen yönlerde ve değerde etki ettiğine göre beşinci kuvvet hangi yönde ve kaç N'dır?

NEWTON'IN HAREKET YASALARI

3.3

Bu Bölümde Öğrenilecek Anahtar Kavramlar

- Eylemsizlik
- Etki-tepki kuvveti
- Yer çekimi ivmesi
- Ağırlık



Filozof ve bilim insanı olan Aristo'nun bir cismin hareketini sürdürebilmesi için kuvvete ihtiyaç duyduğu, hareketsizliğin kütlenin doğal durumu olduğu düşüncesi yüzyıllar boyu benimsenmiş ve savunulmuştur. Orta Çağ modern biliminin kurucusu ve hekimlerin önderi olarak bilinen İbn-i Sina, fizikteki önemli konulardan birisi olan hareketin açıklanmasında Aristo'nun bu görüşüne karşı çıkmış ve "Herhangi bir cisim bir engelleyici etki ile karşılaşmıyorsa hareketine devam eder." demiştir. Başlangıçta uygulanan kuvvetin ortadan kalkması ile cismin hareketini sürdürmesini "nesneye kazandırılan hareket etme isteği (kasrî meyil)" olarak açıklamıştır. Batı'da Avicenna (Avisenna) adıyla bilinen İbn-i Sina'nın bu açıklaması yedi yüzyıl sonra farklı bir coğrafyada Newton tarafından da aynı şekilde ifade edilen Birinci Newton Kanunu ile eşdeğerdir.

Büyük yük gemileri limana yanaşmadan 25–30 km önce motorlarını durdururlar. Bunun sebebi nedir?

Duran cismi hareket ettirmek mi, hareket hâlindeki cismi durdurmak mı daha kolaydır?

Dünya üzerinde her yerde ağırlığımız aynı büyüklükte midir?

Bu soruların ve konuyla ilgili akla gelebilecek diğer soruların cevaplarına ünitenin bu bölümünde yer verilecektir. Bu bölümde Newton'ın Hareket Yasaları tanıtılacak, cisimlerin kütlelerine göre ağırlıklarının nasıl hesaplandığı anlatılacaktır.

Meraklısına Bilgi

Newton, Evrensel Çekim Kanunu'nu geliştirirken Johannes Keppler'in (Yohan Kepler) üç ciltlik kaybolmaya yüz tutmuş eserinden faydalanmıştır. Keppler, Tyco Brahe'nin (Tiko Brahe) gözlemlerine dayanarak hazırladığı eserinde gezegenlerin Güneş etrafındaki hareketlerinin yörüngelerini açıklamıştır. Bilim tarihinde Tyco Brahe, ilk kez veri toplayarak bu verilerden genel bir hükme varmaya çalışan bilim insanı olarak tanınmaktadır.

Meraklısına Bilgi

Günümüzde Newton Mekaniği olarak bilinen Newton Kanunları makroskopik ölçekteki cisimlerin hareketlerini açıklamakta oldukça başarılıdır. Mikroskopik ölçekte ise geçen yüzyılda geliştirilmeye başlanan Kuantum Mekaniği ve Einstein'ın Rölativite Teorileri başarılı açıklamalarda bulunur.

3.3.1 EYLEMSİZLİK PRENSİBİ, DİNAMİĞİN TEMEL PRENSİBİ VE ETKİ-TEPKİ PRENSİBİ

İnsanların, hareketin doğal olduğu bir evrende yaşadığını söyleyen Newton, 17. yüzyılda yazdığı Principia (Prinsipia) adlı eserinde üç hareket kanunundan bahsederek mekaniğin temelini atmıştır. Newton'ın Hareket Kanunları olarak anılan bu kanunlar ile günlük hayatta gerçekleşen bütün mekanik hareketler açıklanabilmektedir. Gezegenler arası mesafelerin hesaplanmasından uzay mekiklerinin fırlatılma şartlarına kadar pek çok bilimsel çalışma bu yasalar ışığında gerçekleştirilmektedir.

Çocuklar tarafından sevilerek oynanan misket (Görsel 3.3.1) oyununun tarihçesinin MÖ 4000'li yıllara kadar uzandığı düşünülmektedir. Misket kalıntılarıyla Ortadoğu ve Avusturya gibi dünyanın farklı bölgelerinde karşılaşılmış, en eski kalıntılara ise Mısır'da ulaşılmıştır. Farklı şekillerde oynanan misket oyununun en bilinen şekli misketlerin birbirine çarpıştırılarak belirli bir bölgeye toplanmasını sağlamak şeklindedir. Oyuncunun kendi misketini diğer miskete uygun açı ve hızla çarptırması çok önemlidir. Bütün bunları etkileyen etken misketin üzerinde bulunduğu zemindir. Sürtünmenin fazla olması çarpma hızını etkileyeceği gibi, misketin hareketinde sapmalara da neden olur. Uzayda misket oynamak daha mı kolaydır?



Görsel 3.3.1: Misketler

Uzay boşluğunda sürtünme olmadığı için misket oynamak daha kolay gibi gelebilir. Ancak bir misket uzay boşluğuna, hiçbir gök cisminin etkisinde kalmayacağı bir yörüngede fırlatılacak olursa fırlatılma hızı ile sonsuza kadar hareketine devam edecektir.



Görsel 3.3.2: Gök taşları

Gök taşlarının atmosfere girerek Dünya yüzeyine düştüğü gibi misket de bir gök cisminin kütle çekim alanına girerse o gök cisminin çekim etkisinden dolayı gök cismine doğru hızlanarak hareket eder (Görsel 3.3.2). Gök cisminin miskete uygulayacağı kütle çekim kuvveti, misketin hızlanmasına sebep olan etki kuvvetidir. Misket ulaştığı en son hız ile gök cisminin yüzeyine çarpar. Bu çarpma esnasında yüzeye bir etki kuvveti uygulamış olur. Uygulanan bu kuvvet kadar gök cismi de misket üzerine tepki kuvveti uygular.

Bütün bu anlatılan olay ve benzeri durumlarla ilgili günlük hayatta da pek çok durum yaşanmaktadır. Kuvvet ve kuvvetin etkileri ile ilişkili durumlar ilk kez matematiksel olarak Isaac Newton (Görsel 3.3.3) tarafından açıklanmıştır. Newton, kuvvet ve kuvvetin sebep olduğu ivme arasındaki ilişkiyi Hareket Kanunları olarak bilinen üç kanunla izah etmiştir.



Görsel 3.3.3: Isaac Newton 1643-1727 (Temsili)

Newton'ın Birinci Hareket Yasası: Eylemsizlik Prensibi

Bir vinç operatörü yükü havaya kaldırdıktan sonra yemek molası verirse (Görsel 3.3.4) yükü taşıyan halatın kopup kopmamasından endişelenir mi?



Görsel 3.3.4: Vinçte asılı yük

Yükü belli bir yüksekliğe çıkarırken halatı geren kuvvet en az yükün ağırlığı kadardır. Yükü sabit hızla yükseltirken taşıyabilen halat, yükün asılı bırakılması durumunda da yükü taşır ve kopmaz. Benzer şekilde evlerin tavanına asılan lambalar dengelenmiş kuvvetlerin etkisi ile konumlarını korumaktadır.

Durgun bir araç yüksek bir ivmeyle hızlanmaya başladığında içindeki yolcuların koltuğa doğru yaslanmalarının sebebi eylemsizliklerini koruma isteğidir. Belirli bir hızla giden araç aniden fren yaptığında içindeki yolcular ve eşyalar hareket durumlarını sürdürmek ister ve fren esnasında öne doğru hareket ederler. Bunun gibi (hareketsiz, durgun) cisimlerin durağan hâllerini sürdürme eğilimlerine, hareketli cisimlerin de hareketlerini sürdürme eğilimlerine **eylemsizlik** denir. Eylemsizlik, cisimlerin kütlelerinden dolayı hareket durumlarını değiştirmeye yönelik etkilere karşı koymasıdır.

Boş damacana bidonunu yuvarlamak ya da yuvarlanan boş damacana bidonunu durdurmak kolaydır. İçi suyla dolu damacanayı yuvarlamak ya da yuvarlanan dolu damacanayı durdurmak zordur. Bunun sebebi suyla dolu yani kütlesi daha büyük olan damacananın eylemsizliğinin de daha büyük olmasıdır.

Otobüs, kamyon gibi araçların yüklü olup olmaması, aracın hız-

lanması veya yavaşlaması durumlarında önemli bir etkendir. Yüklü kamyonun hareket ettirilmesi veya durdurulması için daha çok enerjiye ihtiyaç olması onun eylemsizliği ile ilgilidir. Benzer şekilde deniz taşımacılığında büyük yük gemilerini (Görsel 3.3.5) ve tankerleri harekete geçirmek ve durdurmak zordur. Örneğin yüklü bir gemi durdurulmak istendiğinde motorları limandan 25–30 deniz mili uzakta iken kapatılır. Eylemsizliği onu limana kadar taşımaya yeter.



Görsel 3.3.5: Yük gemisi

Astronomi, matematik, felsefe, fizik, kimya, tıp ve müzik gibi pek çok alanda yüzyıllar boyunca söz sahibi olan İbn-i Sîna (980-1037), mekanikle de ilgilenmiş, Newton'dan yaklaşık 700 yıl önce eylemsizlik ilkesini açıklamıştır. Kasr-i meyl (hareket etme isteği) kavramını ortaya koyan İbn-i Sina, engelleyici bir durum olmaması halinde cisim sürekli hareket edebilir diye açıklamıştır.

SIRA SİZDE 23

Tabloda verilen cisimlerin dengelenmiş/dengelenmemiş kuvvetler etkisinde olup olmadığına karar vererek ilgili kutucuğa √ (tik) atınız.

	Dengelenmiş Kuvvet	Dengelenmemiş Kuvvet
a) Kalkıştan 90 km/h hıza ulaşıncaya kadar geçen zaman içinde otomobil	☐	☐
b) Ağaçtan düşmekte olan armut	☐	☐
c) Havada sabit hızla ilerlemekte olan helikopter	☐	☐
ç) Gerilmiş yayın ucundaki ok	☐	☐
d) 80 km/h hızdan duruncaya kadar geçen zaman içinde araba	☐	☐

SIRA SİZDE 24

Mağaza depolarında eşyaların taşınmasında forklift aracı kullanılır. Müşterilere teslimat yapılabilmesi için mağaza deposundan forklift aracına buzdolabı yüklenmesi gerekmektedir. Adem, aracın dışında durarak yönlendirme yaparken Mehmet de mümkün olduğunca aracı yavaş kullanarak buzdolabını forklifte yükler. Mehmet servis aracına yaklaştığında da forkliftin hızını yavaş yavaş düşürür. Mehmet ve Adem buzdolabını servis aracına taşıdıktan sonra devrilme ihtimaline karşılık dolabı sabitlerler. Gerekli tedbirleri alarak yola çıkar, buzdolabını ilgili adrese götürerek teslim ederler.



a) Mehmet'in forklifti yavaş yavaş yani ani hareketler yapmadan kullanmasının sebebi nedir?

b) Mehmet, forkliftin hızını neden yavaş yavaş düşürmüştür?

c) Mehmet, buzdolabı yüklendikten sonra forklifti aniden hızlandırsaydı veya durdursaydı ne gibi sonuçlar doğabilirdi?

ç) Buzdolabının, servis aracında neden devrilme ihtimali vardır?

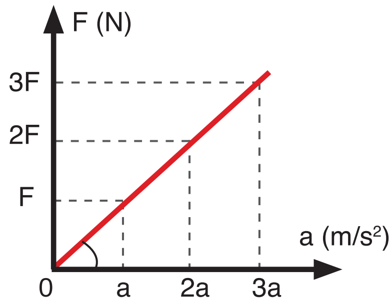
Newton'ın İkinci Hareket Yasası: Dinamiğin Temel Prensibi

Hareket yasalarının ikincisi olan Dinamiğin Temel Prensibi'ne göre cisim üzerine etkiyen net kuvvet sıfırdan farklı ise yani dengelenmemiş kuvvetlerin etkisindeyse cisim, kuvvet doğrultusunda ivmeli hareket yapar. İvmenin yönü net kuvvetin yönü ile aynıdır.



Şekil 3.3.1: m kütleli cismin ivmeli hareketi

Şekil 3.3.1'de m kütleli cisme $\vec{F}$ kuvveti uygulanmaktadır. $\vec{F}$ kuvveti, m kütleli cisme uygulandığında cisim a büyüklüğünde ivme kazanır. Kuvvet iki kat artınca aynı cismin ivmesi de iki kat artar ve 2a olur. Cisme uygulanan net kuvvet ve cismin bu kuvvet etkisiyle kazandığı ivme arasındaki değişim grafiği Grafik 3.3.1'de verilmiştir.



Grafik 3.3.1: Kuvvet-ivme grafiği

Grafik 3.3.1 incelendiğinde cisme etki eden net kuvvet ve ivme arasında doğru orantılı bir artış olduğu görülür. Net kuvvetin değeri kaç kat artarsa ivme de aynı oranda artmaktadır.

Kuvvet-ivme grafiğinin eğiminden,

$$\text{Eğim} = \frac{F}{a} = \frac{2F}{2a} = \frac{3F}{3a} = \text{sabit} = m$$

elde edilir. Buna göre F ile a arasındaki oran sabittir ve bu sabit değer cismin kütlesine yani m'ye eşittir. Buradan cisme etki eden net kuvvet,

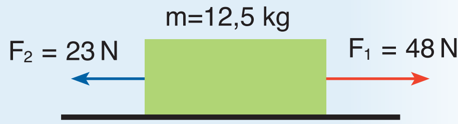
$$\vec{F} = m.\vec{a}$$

ile ifade edilir.

Newton'ın birinci hareket yasası cisme etkiyen net kuvvetin sıfır olduğu durumları açıklar. Net kuvvet sıfır ise cismin ivmesi de sıfırdır. İkinci yasa ise net kuvvetin sıfırdan farklı olduğu durumları açıklamaktadır.

ÖRNEK SORU

Sürtünmesiz yatay zeminde durmakta olan 12,5 kg'lık cisme yatay yola paralel, büyüklükleri şekilde verilen kuvvetler etki etmektedir.



Buna göre cismin hareket durumu için ne söylenebilir?

ÇÖZÜM

Cismin hareket durumu hakkında yorum yapılabilmesi için cisme etki eden net kuvvet bulunmalıdır.

$$F_{Net}=48-23=25\ N$$

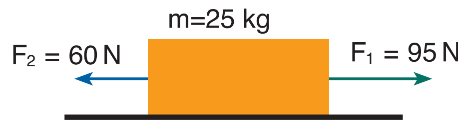
Newton'ın ikinci yasasına göre değerler yerine yazılırsa

$$F=m.a$$
$$25=12,5.a$$
$$a=2\ m/s^2$$

olarak bulunur. Bu da cismin net kuvvet yönünde 2 m/s^2 lik ivme ile hızlanacağı anlamına gelir.

SIRA SİZDE 25

Sürtünmesiz yatay zeminde durmakta olan 25 kg'lık cisme yatay yola paralel üç kuvvet etki etmektedir.



Bu üç kuvvetin etkisi altında cisim 2 m/s^2 lik ivme ile +x yönünde hızlandığına göre uygulanan üçüncü kuvvet hangi yönde ve kaç N büyüklüğündedir?

Ağırlık ve Yer Çekimi İvmesi

Bir gezegenin üzerinde bulunan cismin kütlesine uyguladığı kütle çekim kuvvetine **ağırlık** denir. Söz konusu kuvvet dünya üzerinde bulunan bir cisme etki ediyor ise bu kuvvete, **yer çekimi kuvveti** adı verilir. Ağırlık bir kuvvet olduğu için dinamometre (Görsel 3.3.6) ile ölçülür. Vektörel bir büyüklük olan ağırlık G sembolü ile gösterilir, birimi newtondır (N). Günlük hayatta kütle ve ağırlık birbirine karıştırılan kavramlardır. Kütle, madde miktarının bir ölçüsüdür. Ağırlık ise cisimlere bulundukları gezegenler tarafından uygulanan bir kuvvettir.

Cisimlere etki eden çekim kuvveti yani ağırlık, cismin bulunduğu gezegene göre farklılık gösterir. Bunun sebebi gezegenin çekim ivme değerinde görülen farklılıklardır. Çekim ivme değeri gezegenin kütlesine, yarıçap değerine ve gezegenin yoğunluğuna bağlı olarak değişir.

Gezegenlerin üzerindeki birim kütleye uygulanan kuvvete **çekim ivmesi** denir. Dünya üzerinde iken çekim ivmesi Dünya anlamına gelen yer kelimesi ile birlikte kullanılarak yer çekimi ivmesi olarak adlandırılır. Bir gezegenin çekim ivmesi yarıçap ve kütlesi ile doğru orantılıdır. Gezegen yüzeyinden uzaklaştıkça çekim kuvveti azalır ve buna bağlı olarak çekim ivmesi de azalır. Yer çekimi ivmesinin değeri, Dünya'nın şekline bağlı olarak kutuplarda, Ekvator'da veya deniz seviyesinden yükseldikçe yerin merkezinden olan uzaklığın değişmesiyle farklılık gösterir. Bunun sonucunda cisimlerin ağırlıkları da değişir.

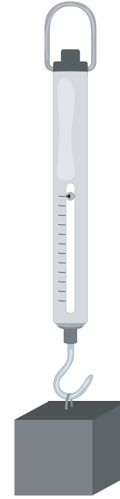
Newton'ın Evrensel Çekim Kanunu eşitliğinde Dünya'nın kütle ve yarıçap değeri kullanılırsa Dünya için yer çekimi ivmesinin değeri yaklaşık olarak 9,8 N/kg bulunur. Hesaplamalarda bu değer yaklaşık 10 N/kg olarak alınır.

Yer çekimi ivmesi g olan bir gezegende m kütleli bir cismin ağırlığı,

$$\text{Ağırlık} = \text{Kütle x Yer çekimi ivmesi}$$

$$\vec{G} = m.\vec{g}$$

ifadesi ile hesaplanır.



Görsel 3.3.6: Dinamometre

Meraklısına Bilgi

Dünya üzerinde bazı yerlere ait yer çekimi ivmesinin m/s^2 cinsinden yaklaşık değerleri aşağıda verilmiştir.

Everest Tepesi	9,774
Ekvator	9,780
Sydney	9,798
Ankara	9,799
New York	9,803
Kuzey Kutbu	9,832

ÖRNEK SORU

Kütlesi 25 kg olan bir cismin ağırlığı kaç N'dır? (g=10 N/kg alınız.)

ÇÖZÜM

Cismin ağırlığı,

$$\vec{G} = m.\vec{g}$$

matematiksel modeli ile hesaplanır. Buna göre 25 kg kütleli cismin ağırlığı,

G=25.10
G = 250 N

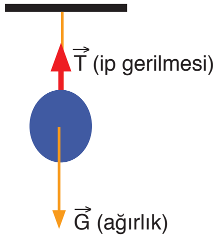
olarak bulunur.

SIRA SİZDE 26

Ay'ın çekim ivmesinin büyüklüğü, Dünya'nın çekim ivmesinin büyüklüğünün 1/6'sı kadardır. Bir cismin Dünya'daki ağırlığı G_D, Ay'daki ağırlığı G_A olmak üzere G_D/G_A oranı kaçtır?

SIRA SİZDE 27

Bir gezegenin çekim ivmesinin en büyük değeri gezegenin hangi noktasında olur?



Şekil 3.3.2: Serbest cisim diyagramı

Serbest cisim diyagramı bir cisme etki eden kuvvetlerin gösterilmesinde kullanılmaktadır. Örneğin tavana asılan ipin ucundaki cisme etki eden kuvvetlerin serbest cisim diyagramında gösterimi Şekil 3.3.2'de verilmiştir. Diyagramda cismin ağırlığı aşağı yönde, ipin oluşturduğu gerilme kuvveti de yukarı yönde vektör olarak çizilir. Bu iki kuvvet birbirine eşit ise denge sağlanır. Eğer cismin ağırlığı ipteki gerilme değerinden büyük ise ip kopar.

SIRA SİZDE 28

Masanın üzerinde duran bir kitap için serbest cisim diyagramını çiziniz.

Newton'ın Üçüncü Hareket Yasası: Etki-Tepki Prensibi

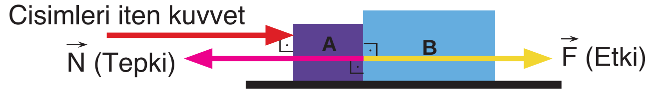
Uzun süre ayakta beklenildiğinde yorgunluk hissedilir. Bunun sebebi ayakta bekleyen kişinin Dünya yüzeyine uyguladığı kuvvet kadar Dünya yüzeyinin de ayaktaki kişiye uyguladığı kuvvettir. Denizde ilerleyen bir gemi suya ağırlığı kadar bir etkide bulunur. Deniz de gemiye geminin ağırlığı kadar bir tepki kuvveti uygular. Ayağını taşa çarpan kişinin acı duymasının sebebi çarpma anında taşa uygulanan kuvvet kadar taşın da ayağa kuvvet uygulamasıdır. Bir basketbol topu (Görsel 3.3.7) yere atıldığında sekmesinin sebebi zeminin topa uyguladığı tepki kuvvetidir. Bir taş farklı yüksekliklerden durgun su üzerine bırakıldığında sıçrayan su miktarının yüksekliğe göre değiştiği görülür. Taşın suya uyguladığı etki kuvvetine karşı suyun taşa uyguladığı tepki kuvveti sıçrayan su miktarını etkilemektedir.



Görsel 3.3.7: Basketbol topunun zıplaması

Verilen örneklerde görüldüğü gibi etkileşim hâlinde olan cisimlerden biri etki uyguluyorsa diğer cisim de etkiye karşı tepki uygular. Newton bu durumu Etki-Tepki Yasası'nda "A cismi B cismine bir kuvvet uy-

guladığında B cismi de A cismine eşit büyüklükte fakat zıt yönde bir tepki kuvveti uygular." ifadesiyle açıklamıştır. Şekil 3.3.3'te temas hâlindeki A ve B cisimleri bir kuvvet ile itildiğinde; A cismi, B'ye bir etki kuvveti uygularken B cismi de A'ya bir tepki gösterecektir.



Şekil 3.3.3: A ve B cisimleri arasındaki etki-tepki kuvvetleri

Şekil 3.3.3'te $\vec{F}$ etki kuvvetini, $\vec{N}$ tepki kuvvetini göstermektedir. Her iki kuvvet arasında vektörel olarak,

$$\vec{F} = -\vec{N}$$

eşitliği vardır. Bu eşitliğe göre kuvvetlerin büyüklükleri eşit, aynı doğrultuda ve zıt yönlüdür.

ÖRNEK SORU



Buz üzerinde durmakta olan 60 kg kütleli genç ile 25 kg kütleli çocuk birbirlerini zıt yönlerde iterlerse

a) Kime etki eden kuvvetin şiddeti daha büyük olur?

b) Kim daha büyük ivme ile hareket eder?

ÇÖZÜM

a) Etki ve tepki kuvvetlerinin büyüklükleri birbirine eşittir. Bu nedenle genç ve çocuğa etki eden kuvvetlerin büyüklükleri eşit olur.

b) Eşit büyüklükte kuvvete maruz kalan genç ve çocuktan, kütlesi küçük olan çocuk daha büyük ivme kazanır.

ÖRNEK SORU



Atlar tarafından çekilen, binek ya da yük taşıma amacıyla kullanılan araçlara at arabası adı verilir. At, yolcunun oturduğu tekerlekli kısma çekme kuvveti uygularken bu kısım da ata bir tepki kuvveti gösterir.

Etki kuvveti, tepki kuvvetine eşit büyüklükte ve zıt yönde olduğuna göre at arabası nasıl hareket eder?

ÇÖZÜM

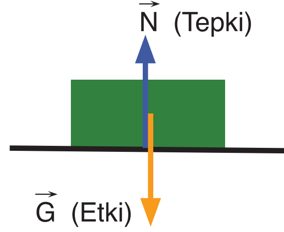


Etki kuvveti; atın, yolcunun oturduğu bölüme uyguladığı çekme kuvvetidir. Tepki kuvveti de yolcunun oturduğu kısmın ata uyguladığı kuvvettir. Etki ve tepki kuvvetleri aynı cisim üzerinde etki etmez. Bu nedenle bu kuvvetlerin bileşkesi alınmaz. Etki kuvveti nedeniyle yolcu hareket ederken tepki kuvvetine maruz kalan at yorgunluk hisseder.

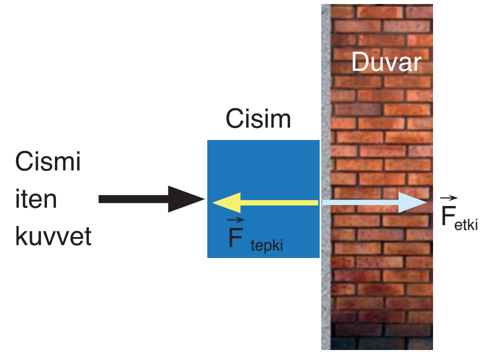
SIRA SİZDE 29

Kapı, duvar veya masa gibi sert cisimlere çarpıldığında acı hissi oluşur. Fakat kanepe, koltuk, minder veya yastık gibi cisimlere çarpıldığında bu hissin oluşmamasının sebebi nedir? Açıklayınız.

Cisimler üzerine uygulanan kuvvete karşı oluşan tepki kuvveti temas eden yüzeye dik olacak şekilde oluşur. Örneğin, yatay zemin yüzeyine ağırlığı kadar etki uygulayan cismin karşılaşacağı tepki kuvveti, cismin ağırlığına eşit ve zıt yönde olur. Bu durum Şekil 3.3.4'te verilen serbest cisim diyagramında gösterilmiştir.



Şekil 3.3.4: Zemin yüzeyde etki-tepki kuvvetleri

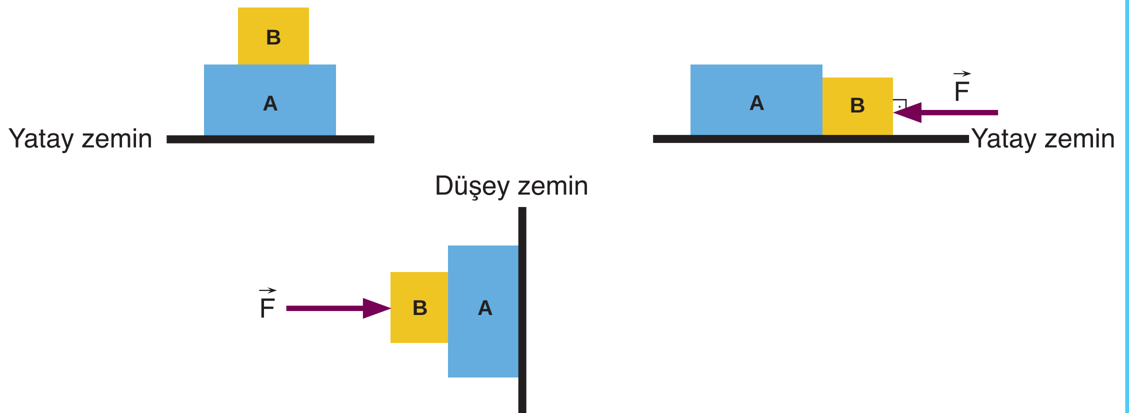


Şekil 3.3.5: Duvarla temas eden cisim arasında etki-tepki kuvvetleri

Duvara doğru itilerek dengede tutulan cisimlerde Şekil 3.3.5'te görüldüğü gibi oluşan etki-tepki kuvvetleri yüzeye dik doğrultuda, zıt yöndedir. Etki duvara uygulanırken duvarın tepkisi de cisim üzerinedir.

SIRA SİZDE 30

Yatay ve düşey zemin üzerindeki A ve B cisimleriyle oluşturulan sistemler verilmiştir. Bu sistemlerdeki etki-tepki kuvvetlerini çiziniz.



SÜRTÜNME KUVVETİ

3.4

Bu Bölümde Öğrenilecek Anahtar Kavramlar

Sürtünme kuvveti



Peribacası, tepesinde alt kısmına göre daha genişçe bir taş bloğu bulunduran, piramit ya da silindir şeklindeki yapıdır. Dünyanın farklı bölgelerinde de gözlenen bu oluşum, İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan doğal güzelliklerden birisidir. Peribacaları rüzgârın, yağmurun veya vadi yamaçlarından inen sel sularının diğer kaya türlerine göre daha yumuşak tüfleri aşındırması sonucunda oluşmuştur. Aşınmanın sebebi olan sürtünme kuvveti, bu doğal güzellikleri ortaya çıkarmıştır. Okyanuslarda, denizlerde, göllerde veya akarsularda keskin uçları olan taşlara rastlanmamasının sebebi de yine sürtünme kuvvetidir. Suyun çarptığı ya da dalgaların sürüklediği taşlar sürtünme kuvvetinin etkisi ile aşınmakta, sert kenar ve köşelerini kaybetmektedir.

Sürtünme kuvvetinin avantaj ve dezavantajları nelerdir?

Araç tekerleğinde mi, dişli çarklarında mı sürtünme kuvveti daha fazladır?

Sürtünme kuvveti, yemek yememizi kolaylaştırır mı?

Bu soruların ve konuyla ilgili akla gelebilecek diğer soruların cevaplarına ünitenin bu bölümünde yer verilecektir. Sürtünme kuvveti tanıtılarak avantaj ve dezavantajları incelenecektir. Sürtünme kuvvetinin bağlı olduğu değişkenler belirlenerek, öteleme ve dönerek öteleme hareketi yapan cisimler için sürtünme kuvveti incelenecektir.

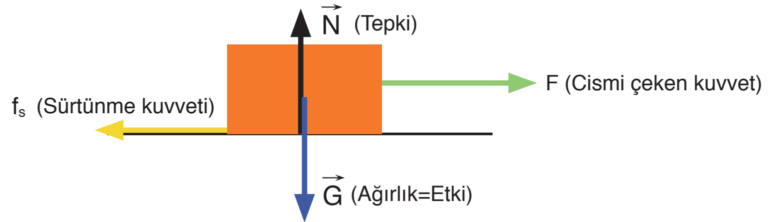
3.4.1 SÜRTÜNME KUVVETİNİN ÖZELLİKLERİ

Birbirine temas eden yüzeyler arasında harekete ya da zorlamaya karşı oluşan kuvvete **sürtünme kuvveti** adı verilir. Vektörel bir nicelik olan sürtünme kuvvetinin yönü daima hareket ya da zorlamaya zıt yöndedir. Sürtünme kuvveti $\vec{f}_s$ ile gösterilir ve SI'daki birimi newtondır.

Sürtünme kuvvetinin büyüklüğü sürtünen yüzeylerin cinsine ve zemine etki eden dik kuvvete bağlıdır. Yüzeyin cinsine bağlı olan sürtünme katsayısı k, zeminin tepki kuvveti $\vec{N}$ olmak üzere sürtünme kuvvetinin matematiksel modeli

$$\vec{f}_s = k.\vec{N}$$

şeklindedir. Sürtünme kuvvetinin serbest cisim diyagramı üzerinde gösterimi Şekil 3.4.1'de verilmiştir.



Şekil 3.4.1: Serbest cisim diyagramı

Zemine etki eden kuvvetin büyüklüğü ile zeminin tepkisinin büyüklüğü birbirine eşittir. Sürtünme kuvvetinin matematiksel modelinde etki kuvveti değil, tepki kuvveti kullanılmaktadır.

Sürtünme kuvvetinin bağlı olduğu değişkenleri incelemek için "Sürtünme Kuvveti Nelere Bağlıdır?" adlı deneyi yapınız.

DENEYEREK KEŞFEDELİM

DENEYİN ADI
Sürtünme Kuvveti Nelere Bağlıdır?

DENEYİN AMACI
Sürtünme kuvvetinin bağlı olduğu değişkenler arasında ilişki kurmak

KULLANILAN MALZEMELER
Dinamometre, aynı ağırlıkta farklı cins maddeler (ahşap, demir, alüminyum, plastik), zımpara kâğıdı, kum, laminant parke, tahta raf, kanca, farklı ağırlıkta dikdörtgenler prizması şeklinde ahşap bloklar.



DENEYİN YAPILIŞI:
- *Üç ya da dörder kişilik gruplar oluşturunuz.*
- *Cisimlerin üzerinde ilerleyebileceği birer metre uzunluğunda yollar oluşturunuz. Yollardan biri laminant parke, birisi zımpara kâğıdı, birisi kâğıt üzerine yapıştırıcı sürülüp kum serpilerek oluşturulmuş yol, diğeri de üzerine tırtıklar atılmış tahta raf olsun.*
- *Oluşturduğunuz yolları masa üzerinde yan yana sıralayınız.*



I. AŞAMA:

- *Tahta takozu alınız. Tahta takozu laminant parke üzerine yerleştirerek üç sefer çekiniz. Aynı işlemi takozun farklı yüzeyleri içinde ayrı ayrı yapınız. Çekerken kancaya takılı dinamometreye bakıp sabit hızla çekiniz. Dinamometrede farklı sonuç gördünüz mü?*

II. AŞAMA:

- *Aynı ağırlıktaki farklı cins maddelere dinamometre takınız. Her birini ayrı ayrı laminant parke üzerinde sabit hızla çekerken dinamometredeki değerleri okuyunuz. Okuduğunuz değerler aynı mı, farklı mı?*

III. AŞAMA:

- *Zımpara kâğıdı olan zemin üzerinde her seferinde farklı ağırlıktaki tahta takozu çekerek dinamometrede okunan değerleri kaydediniz. Değerlerin eşit olup olmadığına dikkat ettiniz mi?*

IV. AŞAMA:

- *Tahta takozu alınız. Her seferinde aynı yüzeyi gelecek şekilde laminant, tahta, zımpara kâğıdı ve kum yüzeylerinde ayrı ayrı çekerek dinamometrede okunan değerleri kaydediniz. Aynı takozu, aynı yüzeyi üzerinde farklı zeminlerde çekerken okunan değerler aynı mı?*

DENEYİN DEĞERLENDİRİLMESİ:

I. aşamada, tahta takozu farklı yüzeyleri üzerinde çekerken farklı sonuç çıktı mı? Çıktıysa sebebi nedir?
II. aşamada, aynı ağırlıktaki farklı cins maddelerin aynı zemin üzerinde farklı kuvvet değerleriyle çekilmesi hangi anlama gelir?
III. aşamada, aynı zemin yüzeyi üzerinde farklı ağırlıkta tahta takozları, farklı değerlerdeki kuvvetlerle çekmek hangi anlama gelir?
IV. aşamada, tahta takozun farklı yüzeylerde, farklı değerlerdeki kuvvetlerle çekilmesinin anlamı nedir?

Deneyden görüleceği üzere sürtünme kuvvetinin büyüklüğü, sürtünen yüzeylerin cinsine ve zemine etki eden dik kuvvete bağlıdır. Sürtünen cismin yüzey alanına bağlı değildir.

Hareket hâlindeki cismin hareketine devam etmesini sağlamak mı, duran cismi harekete geçirmek mi daha zordur?

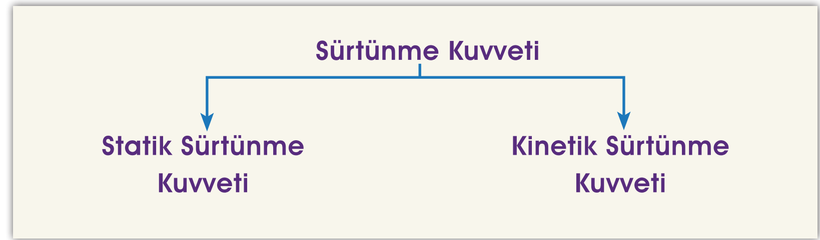
Meraklısına Bilgi

Araçlar hava direncine en az maruz kalacak şekilde dizayn edilir. Bu, yakıt tasarrufu açısından önemlidir. Ayrıca araçlar camı açık olarak hareket ederken belli bir hızı aştığında camdan içeri giren havanın sebep olduğu türbülans sürtünme kuvveti olarak aracın hareketini zorlaştırır.

Duran bir cismin harekete geçirilmesinin, cismin hareketine devam ettirilmesinden daha zor olduğu günlük hayatta gözlemlenebilir. Örneğin ev içerisinde eşyaların yeri değiştirilirken (Görsel 3.4.1) eşyaları harekete geçirmenin zor, hareketine devam ettirmenin daha kolay olduğu deneyimlenmiş olabilir. Bunun nedeni hareketsizken ve hareket ederken cisme etki eden sürtünme kuvvetinin birbirinden farklı olmasıdır. Sürtünme kuvveti, statik ve kinetik sürtünme kuvveti olmak üzere ikiye ayrılır.

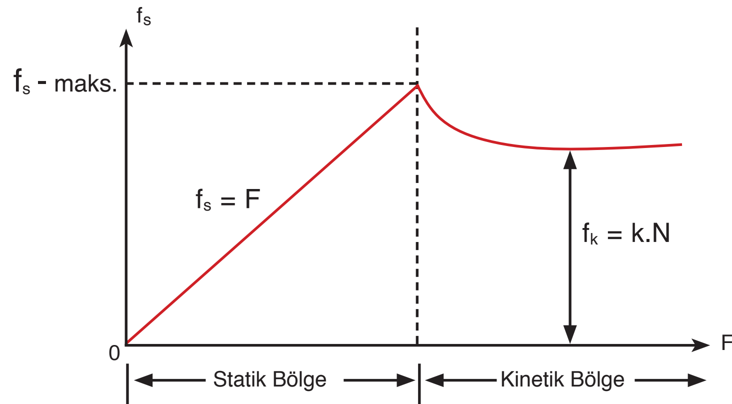


Görsel 3.4.1: Dolabı iten adam



Yatay zeminde durmakta olan cisme etki eden sürtünme kuvveti sıfırdır. Cisim hareket etmeye zorlandığında sürtünme kuvveti ortaya çıkar. Cisim harekete geçmediği takdirde, uygulanan kuvvet arttırılır. Kuvvet arttırıldığında cisme etki eden sürtünme kuvveti de artar ve bir maksimum değere ulaşır. Cisme ancak bu maksimum değerden daha büyük bir kuvvet uygulandığında cisim harekete geçirilir.

Duran cismin harekete geçiş anına kadar etki eden sürtünme kuvvetine **statik sürtünme kuvveti** adı verilir. Statik sürtünme kuvvetinin sabit bir değeri yoktur. Büyüklüğü cisme uygulanan kuvvete bağlı olarak değişir. Bu değişim Grafik 3.4.1'de verilmiştir.



Grafik 3.4.1: Sürtünme kuvvetinin cisme uygulanan kuvvete bağlı değişimi grafiği

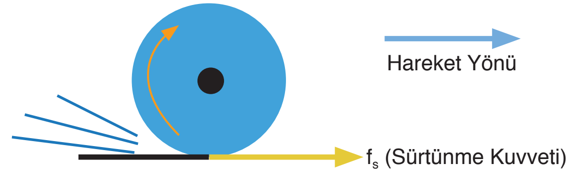
Grafikte gösterilen statik bölge, cismin durgun hâlde olduğu sürece karşılık gelir. Bu bölgede statik sürtünme kuvveti, cisme uygulanan kuvvete eşittir.

Hareket hâlindeki cisimlere etki eden sürtünme kuvvetine, **kinetik sürtünme kuvveti** adı verilir. Kinetik sürtünme kuvveti, statik sürtünme kuvvetinin maksimum değerinden daha düşük değere sahiptir (Grafik 3.4.1). Bu yüzden duran cismi harekete geçirmek, cismi harekete devam ettirmekten daha zordur. Motorlu araçlarda en büyük güce sahip vites birinci vitestir. Bu nedenle araç harekete geçirilirken birinci vitesle kalkış yapılır.

Kayarak ötelenen cisimlere etki eden sürtünme kuvvetinin yönü ile dönerek ötelenen cisimlere etki eden sürtünme kuvvetinin yönü farklıdır. Kayarak ötelenen cisimlerde harekete zıt yönde oluşan sürtünme kuvveti (Şekil 3.4.2), dönerek ötelenen cisimlerde hareketle aynı yönde oluşur (Şekil 3.4.3). Araç tekerlekleri dönmeye başladığında zeminde oluşan sürtünme kuvveti aracın hareket etmesini sağlar. Sürtünme kuvvetine maruz kalan tekerleğin zemine uyguladığı zorlama, tekerin dönüş yönündedir. Zorlamaya ters yönde oluşan sürtünme kuvvetinin yönü, aracın hareket yönü ile aynı olur.



Şekil 3.4.2: Kayarak ilerleyen cisme etki eden sürtünme kuvveti



Şekil 3.4.3: Dönerek ilerleyen cisme etki eden sürtünme kuvveti

ÖRNEK SORU

Bir bisikletli bisikleti ile hareket hâlinde iken sürtünme kuvveti hangi yüzeyler arasında oluşur?

ÇÖZÜM

Birbirine temas eden bütün yüzeyler arasında sürtünme kuvveti oluşur. Bu nedenle verilebilecek örnek sayısı çok fazladır. Sürtünme kuvvetinin oluştuğu yüzeylerden bazıları,

- Eller ile gidon arası,
- Ayakkabı tabanı ile pedal arası,
- Tekerlek ile yol arası

şeklinde sıralanabilir.

SIRA SİZDE 31

Hareket hâlindeki bir kaykaycının bir anlık görüntüsü yanda verilmiştir. Sürtünme kuvvetlerini görsel üzerinde gösteriniz.





Görsel 3.4.2: Kaygan zemin uyarı levhası

Ayakta durmak, yürümek, durmak veya herhangi bir şeyi tutmak gibi temel eylemlerin tamamı sürtünme kuvveti sayesinde yapılmaktadır.

Hastane ve iş yeri gibi mekânlarda ıslak zemin temizliği yapılırken zemin girişlerine “dikkat kaygan zemin” levhası (Görsel 3.4.2) yerleştirilir. Bu uyarı levhası insanların farkında olmadan kayıp düşmelerini engellemek amacıyla kullanılır. Zeminin kaygan olması yani sürtünme kuvvetinin azlığı yürümeyi zorlaştırır. Buzlu yollarda araçların patinaj yapmasının ya da insanların yürümesinin zorluğu da bundan kaynaklanmaktadır. Yağlı bardağın rahatça tutulamamasının sebebi de yine sürtünme kuvvetinin azlığıdır.

Kurşun kalemle yazı yazılabilmesi, sürtünme kuvveti sebebiyle kurşun kalemin ucunun aşınarak kâğıt üzerinde kalması ile gerçekleşmektedir.

Dünya atmosferine giren asteroitler (Görsel 3.4.3) sürtünme kuvveti nedeniyle alev alır. Alev alan asteroit parçalanarak küçük parçalar hâlinde yeryüzüne iner. Bu olayda sürtünme kuvveti, asteroitlerin Dünya’ya verebileceği zararlardan koruyan bir özellik olarak davranmaktadır.



Görsel 3.4.3: Atmosfere giren asteroit

Kramponlar (Görsel 3.4.4), futbolcuların kullandığı bir tür spor malzemesidir. Taban kısmında büyük dişler bulunur. Bu dişler saha ile sporcunun ayakları arasındaki sürtünme kuvvetini artırarak sporculara çim sahada hareket kolaylığı sağlar.



Görsel 3.4.4: Krampon

Sürtünmeyi arttırmak için yapılabilecek en temel işlem sürtünen yüzeylerin pürüzlülüğünü artırmaktır. Bu duruma verilebilecek örneklerden bazıları kaygan yollara kum ya da talaş serpilmesi, araçlarda kış lastiklerinin ya da kar zincirin kullanılması ve kışları kalın dişli botların tercih edilmesidir.



Kuvvetler ile ilgili simülasyonu karekodu verilen linkten görebilirsiniz.

Sürtünme kuvvetinin hayatı kolaylaştıran etkileri kadar zorlaştıran etkileri de vardır. Asteroitin parçalanmasını sağlayan sürtünme kuvveti, Dünya'ya dönüş yapan uzay mekikleri için büyük bir sorun olmaktadır. Uçuş sırasında havayla sürtünen uçakların ya da denizle sürtünen gemilerin yüzeylerinde aşınmalar oluşur. Makine parçaları sürtünme nedeniyle aşınır ve ısınma nedeniyle de zarar görebilir. Kapı menteşelerinden gelen sesler bile sürtünmeden kaynaklanır. Sürtünmeyi aza indirmek için yapılan işlemler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Yağlama
- Cilalama
- Zımparalama
- Bilye ya da tekerlek kullanma
- Cismi uygun şekilde tasarlama

Meraklısına Bilgi

1960'lı yıllarda insanlığın uzaya çıkma macerasında üzerinde en çok efor sarf edilen problemlerden birisi geri dönen araca atmosfer tarafından uygulanacak sürtünmeye karşı geliştirilebilecek tedbirlerdi. Mayıs 2012'de SpaceX (Sipeys iks) firmasının Dragon isimli uzay aracı uluslararası uzay istasyonuna bağlanan ve daha sonra geri dönen ilk ticari araç olmuştur. Bu uzay aracı önümüzdeki yıllarda da Mars görevi yapmayı planlamaktadır.



Araştırınız

Çeşitli spor dallarında sporcular ellerine beyaz renkte magnezyum fosfat tuzundan oluşan pudra sürmektedir. Bu tuzun hangi spor dallarında, hangi amaçlarla kullanıldığını araştırınız.

SIRA SİZDE 32

Bir ev eşyasının yerde itilerek taşınması sırasında, eşya ile zemin arasına paspas, havlu, çarşaf gibi malzemelerin yerleştirilme sebebi nedir?

SIRA SİZDE 33

Dünyanın en pahalı sporları arasında geçen Formula 1 yarışları, özel pistlerde gerçekleştirilir. Bu yarışlar Formula 1 araçlarını tasarlayan firmalar için prestijli yarışlardır. Firmalar otomobil sektöründeki becerilerini ve bu sektördeki gelişmeleri birçok testten sonra ilk kez bu yarışlarda kullanıma sürer. Örneğin 0'dan 100 km/h'lik hıza çıkma ve en kısa mesafede durma süresi gibi özellikler bu araçlarda geliştirilen en önemli özelliklerden bazılarıdır. Araçların en kısa mesafede durma süresi aracın lastik boyutları, lastiklerin üretildiği malzemeler, otomobilin frenleme mekanizması gibi birçok etken göz önüne alınarak araştırılır, incelenir ve test edilir. Aracın daha güvenli dönüşler yapabilmesi için dört tekerin farklı hızlarda döndürülmesi ya da dört tekerin aracın dengesini bozmayacak şekilde farklı sıralarla frenlenmesi günümüz araçlarında da uygulanmaya başlayan teknolojilerdir.

a) Duruştan 100 km/h hıza en kısa mesafeden çıkmak hangi fiziksel niceliğin değişmesi demektir?
b) Araç lastiklerinin üretildiği malzemelerin önemi nedir?
c) Sürtünme kuvveti olmasaydı virajlar dönülebilir miydi?

Soruların doğru seçeneğini işaretleyiniz.

1. **Güney yönünde 90 km/h hızla ilerleyen otomobilin önünde 80 km/h hızla ilerleyen otobüsün içindeki bir yolcu, geriye dönüp otomobile baktığında otomobili hangi yönde gidiyormuş gibi algılar?**

A) Güneye doğru
B) Kuzeye doğru
C) Hareketsiz
D) Batıya doğru
E) Doğuya doğru

2.
I. Demir atomları
II. Akarsulardaki su molekülleri
III. Salıncakta sallanan çocuk

Verilen hareketlilerden hangileri titreşim, dönme ve öteleme hareketini aynı anda yapmaktadır?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) I ve III

3. Salihli-Akşehir ilçeleri arasındaki yolun uzunluğu 385 km'dir. Bir araç bu yolu 7 saatte alarak 280 km yer değiştirme yapıyor. **Buna göre aracın sürati ve hızının büyüklüğü kaç km/h'dir?**

	Sürati	**Hızı**
A)	70	50
B)	55	40
C)	60	55
D)	80	60
E)	72	58

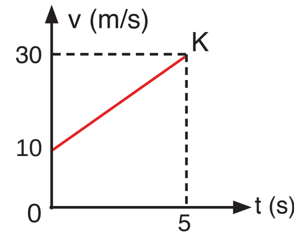
4. Bir bisikletli doğrusal yolun A noktasından B noktasına 10 m/s sabit hızla 5 saniyede geliyor. B noktasında 25 s dinleniyor. Tekrar yola çıkarak B'den C'ye 7 m/s'lik sabit hızla 50 saniyede ulaşıyor.

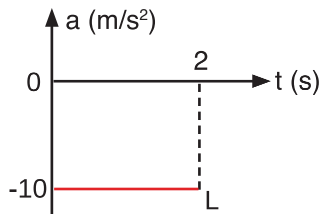


Buna göre bisikletlinin A ve C noktaları arasındaki ortalama hızı kaç m/s'dir?

A) 5 B) 10 C) 14 D 18 E) 20

5. K aracına ait hız-zaman ve L aracına ait ivme-zaman grafiği verilmiştir.





Buna göre

I. Her iki araç da ivmeli hareket yapmaktadır.
II. K aracı pozitif yönde, L aracı negatif yönde ilerlemektedir.
III. K aracı hızlanmakta, L aracı yavaşlamaktadır.

ifadelerinden hangileri <u>kesinlikle</u> doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) II ve III

6. Hareket ile ilgili bazı ifadeler verilmiştir.

I. Satürn gezegeninin uydularının Satürn etrafında dolanması
II. Petrol taşıyan tankerin suda yüzmesi
III. Kızılırmak sularının Karadeniz'e dökülmesi
IV. Alışveriş yapılırken market arabasının itilmesi
V. Dökülen toplu iğnelerin mıknatısla toplanması

Bu ifadelerde geçen kuvvetlerin, temas gerektiren ve temas gerektirmeyen kuvvetler şeklinde doğru sınıflandırması hangisidir?

	Temas Gerektiren	Temas Gerektirmeyen
A)	II – IV	I – III – V
B)	I – IV	II – III – V
C)	II – III – V	I – IV
D)	I – II – III – V	IV
E)	IV – V	I – II – III

7. Yatay zemin üzerinde durmakta olan cisme bir kuvvet uygulanıyor. Cisim hareket etmediğine göre,

I. Ortam sürtünmelidir.
II. Kuvvet cisme düşey doğrultuda etki etmektedir.
III. Uygulanan kuvvet, cismin ağırlığına eşit büyüklüktedir.

ifadelerinden hangileri doğru olabilir?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve III E) I, II ve III

8. Doğadaki temel kuvvetlerle ilgili verilen,

I. Güçlü ve zayıf nükleer kuvvetin etkisi, atom çekirdeği ile sınırlıdır.
II. Gezegenlerin diziliminde etkisi en büyük olan kuvvet kütle çekim kuvvetidir.
III. Elektromanyetik kuvvetin etki ettiği yükler, tepki kuvveti oluşturmaz.
IV. Temas gerektirmeyen kuvvetlerdir.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

A) I ve III B) II ve IV C) I, II ve IV
D) II, III ve IV E) I, II, III ve IV

9. "Dünya, çevresinde yer çekimi kuvveti oluşturmasaydı ...." şeklinde eksik verilen cümle,

I. yapay uydular, Dünya'nın etrafında dolanmazdı.
II. Dünya'nın atmosferi olmazdı.
III. kar yağmazdı.

ifadelerinden hangileri ile doldurulabilir?

A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III
D) II ve III E) I, II ve III

10. Sürtünme kuvveti var olmasaydı, bu durumun sonuçları ile ilgili,

I. Sporcular koşu yapamazdı.
II. Kalemtıraş ile kurşun kalemin ucu açılamazdı.
III. Mıknatıs demir çiviyi çekemezdi.

ifadelerinden hangileri doğru olurdu?

A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III
D) II ve III E) I, II ve III

11. Bir yıldız ile bir gezegen arasındaki kütle çekim kuvvetinin büyüklüğü F kadardır.

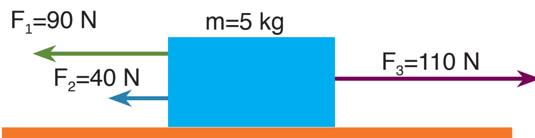
Yıldız ve gezegenin kütleleri değiştirilmemek kaydıyla yıldız ve gezegen arasındaki uzaklık ilk durumdaki uzaklığın yarısı kadar olsaydı aralarındaki kütle çekim kuvvetinin büyüklüğü kaç F olurdu?

A) 4 B) 2 C) 1 D) 1/2 E) 1/4

12. Verilen örneklerden hangisinde tepki kuvveti <u>oluşmaz</u>?

A) Sürtünmeli yüzeyde itilen kutu
B) Merdiven yaslanmış duvar
C) Üzerine bardak konulmuş masa
D) Saça sürtülen plastik tarak tarafından çekilen küçük kağıtlar
E) Üzerine basılan bilgisayar tuşları

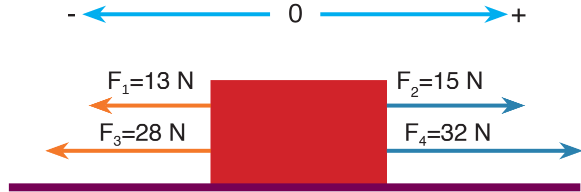
13. Sürtünmesiz yatay düzlemde durmakta olan 5 kg'lık cisme yatay düzleme paralel kuvvetler etki etmektedir.



Bu kuvvetler etkisindeki cisim kaç m/s² lik ivme ile hızlanır?

A) 2 B) 4 C) 8 D) 10 E) 16

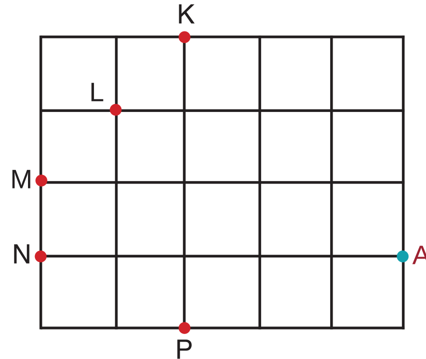
14. Sürtünmeli yatay yüzey üzerinde 7 kg kütleye sahip cisim yatay yola paralel kuvvetler etkisinde 2,5 m/s lik sabit hızla hareket etmektedir.



Buna göre cisme etki eden sürtünme kuvveti hangi yönde ve kaç N büyüklüğündedir?

A) + yönünde 8 N B) – yönünde 8 N
C) – yönünde 6 N D) + yönünde 6 N
E) + yönünde 4 N

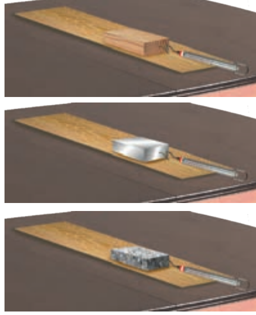
15. Aşağıda K, L, M, N ve P ile A noktalarının yerleri gösterilmiştir.



K, L, M, N ve P noktalarından hangisi referans noktası kabul edilirse A noktasının konum vektörünün büyüklüğü en büyük değerde olur?

A) K B) L C) M D) N E) P

16. Bir öğrenci ağırlıkları ve zemine temas eden yüzey alanları biribirine eşit farklı cisimleri özdeş ahşap yüzeyler üzerinde çekerek aşağıdaki deneyi yapıyor.



Öğrencinin yaptığı bu deney ile aşağıdaki sorulardan hangisine cevap aradığı söylenebilir?

A) Sürtünme kuvveti birbirine sürtünen yüzeylerin cinsine bağlı mıdır?
B) Sürtünme kuvveti yüzey alanının büyüklüğüne bağlı mıdır?
C) Sürtünme kuvveti cisimlerin ağırlığına bağlı mıdır?
D) Sürtünme kuvveti zemin yüzeyine bağlı mıdır?
E) Sürtünme kuvveti yer çekimi ivmesine bağlı mıdır?

Soruların cevabını ilgili alana yazınız.

17. Dengelenmiş kuvvetler etkisinde hareket eden cisimlere örnekler vererek açıklayınız.

....

18. Dengelenmemiş kuvvetler etkisinde hareket eden cisimlere örnekler vererek açıklayınız.

....

19. Dönerek öteleme hareketi yapan silindir şeklindeki bir cisim için sürtünme kuvveti önemli midir? Şekil çizerek açıklayınız.

....

20. Yatay zeminde durmakta olan cisme etki eden yatay yola paralel kuvvetler şekilde gösterilmiştir. Cisim ile zemin arasındaki sürtünme kuvvetinin en büyük değeri 15 N'dır.



Verilere göre cismin hareketini yorumlayınız.

....

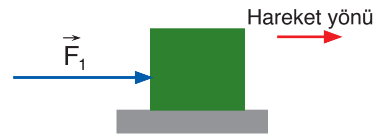
21. Sürtünmenin ihmal edildiği yüzey üzerindeki cisme yatay yola paralel kuvvetler etki etmektedir.



Bu kuvvetlerin etkisi altındaki cisim 2 m/s² lik ivme ile yavaşlama hareketi yaptığına göre cismin kütlesi kaç kg'dır?

....

22. Kütlesi 2 kg olan cisim yatay zemine paralel uygulanan 10 N şiddetindeki $\vec{F}_1$ kuvvetinin etkisiyle, sabit hızla hareket etmektedir.



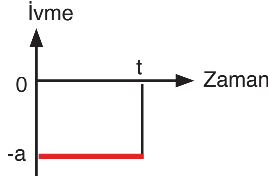
Buna göre serbest cisim diyagramını çizerek kuvvetlerin şiddetlerini diyagram üzerinde gösteriniz.

....

23. Yer çekimi ivmesinin 9,8 N/kg olduğu bir yerde 45 kg kütleye sahip bir cismin ağırlığı kaç N'dır?

....

24. Bir otomobile ait ivme-zaman grafiği verilmiştir.



Grafiğe göre otomobil

I. Pozitif yönde hızlanan
II. Pozitif yönde yavaşlayan
III. Negatif yönde hızlanan
IV. Negatif yönde yavaşlayan

hareketlerinden hangilerini yapıyor olabilir?

....

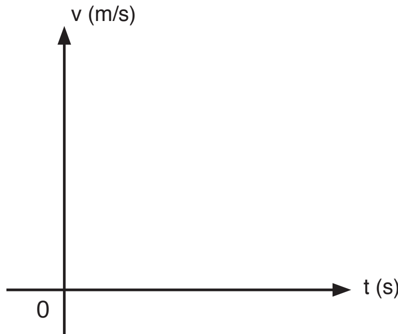
25-27 arasındaki soruları metne göre cevaplayınız.

Gizlendiği yerden fırlayan çita düzgün ivmelenerek 4 saniyede 126 km/h'lik hıza ulaşıyor. 4 saniye bu hızla ilerleyerek avını yakalıyor. Yine düzgün ivmeli bir hareket sonucunda 2 saniyede duruyor.

25. Çitanın ulaştığı maksimum hız kaç m/s'dir?

....

26. Çitanın 10 saniyelik bu hareketi için hız-zaman grafiğini çiziniz.



27. Çitanın hızlanma ve yavaşlama ivmelerinin büyüklükleri arasındaki ilişki nedir?

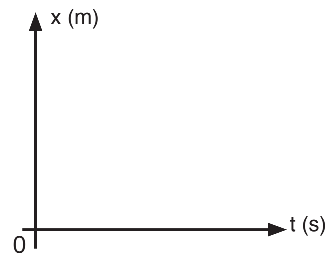
....

28-31 arasındaki soruları metne göre cevaplayınız.

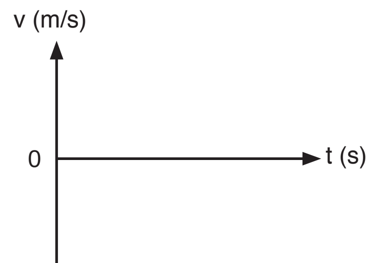


Yukarıdaki şekilde ağaç, ev ve çeşme aynı doğrultudadır. Ağaca göre 150 m konumundaki evinden çıkarak yine ağaca göre 450 m konumundaki köy çeşmesine 2,5 dakikada ulaşan Mehmet, 3 dakikada elindeki bidona su dolduruyor. Ağaca doğru yürümeye başlayıp 7,5 dakikada ağaca ulaşıyor. 1 dakikada ağacı sulayıp beklemeden 50 saniyede evine geri dönüyor.

28. Mehmet'in bütün hareketi için konum-zaman grafiğini çiziniz.



29. Mehmet'in bütün hareketine ait hız-zaman grafiğini çiziniz.



30. Mehmet'in hareketinin tamamı düşünülerek ortalama hızı hakkında yorumunuzu yazınız.

....

31. Metinle ilgili olarak yapılan açıklamalardan hangisi yanlıştır?

A) Harekette referans noktası olarak ağaç seçilmiştir.
B) Çeşmeye doğru ilerlerken Mehmet'in hızı pozitiftir.
C) Mehmet'in bütün hareketi boyunca yaptığı yer değiştirme 900 m'dir.
D) Tüm hareketi boyunca Mehmet en büyük sürate evine dönerken ulaşmıştır.
E) Mehmet'in bidona su doldurma sürecindeki hızı sıfırdır.

32-38 arasındaki soruları metne göre cevaplayınız.

Everest Dağı'na tırmanmak için hazırlıklarını tamamlayan Gökhan sırt çantasının içine iki bağlamalı krampon, tırmanış ipi, eldiven, ip sabitleyici, emniyet mandalı ve karabina (açılırkapanır mandal) alır. Magnezyum karbonat tuzunu da çantanın cep kısmına yerleştirir. Tırmanmaya başladıktan sonra belirli aralıklarla çivileri çekiçle çakarak bu çivilerin içindeki yuvalardan ip geçirir. Çekiç, çivi ve ip kullanırken elini zaman zaman magnezyum karbonat tuzuna sürer. Dağa tırmanışı esnasında kızı Cemre'nin kemanla çaldığı en son parça olan Bach Cello Suite (Bah Çello Suit) parçasını anımsayarak gülümser. Kızının keman çantasının içindeki reçineyi saklamayı ve kızına şaka yapmayı da çok sevmektedir. Tırmanışına devam eden Gökhan bir süre dinlenmek ve güneşin batışını izlemek için mola verir. Gün batımını izledikten sonra gittikçe sertleşen iklim koşullarına karşı hazırlıklarını yaparak tırmanışına devam eder ve zirveye ulaşır.

32. Gökhan iki bağlamalı krampon, tırmanış ipi, ip sabitleyici, emniyet mandalı ve karabinaya neden ihtiyaç duymuştur?

....

33. Çivileri çekiçle çakarken çekicin çiviye ve çivinin dağa uyguladığı kuvvetleri Newton'ın Hareket Kanunları ile açıklayınız.

....

34. Tırmanışın belirli safhalarında neden magnezyum karbonat tuzuna ihtiyaç duymuştur?

....

35. Cemre'nin keman çalmadan önce reçineye neden ihtiyacı vardır?

....

36. Kemanla müzik yapılması sırasında keman telleri ne tür hareketler yapar?

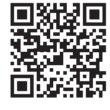
....

37. Zirveye doğru yaklaştıkça Gökhan'ın ağırlığı nasıl değişir?

....

38. Metne göre aşağıdakilerden hangisinde sürtünmeyi arttırıcı etki yoktur?

A) Çivili krampon kullanma
B) Ellere magnezyum karbonat sürme
C) Keman arşesine reçine sürme
D) Çivilerin içindeki yuvalardan ip geçirme
E) Eldiven kullanma



4. ÜNİTE

ENERJİ

ÜNİTENİN BÖLÜMLERİ

“Enerji, varoluş mücadelesinde ve dünyanın evriminde ortadaki ana hedeftir.”

Ludwig BOLTZMANN (Ludvig Boltzman)



Dünya nüfusu ile ilgili yapılan tespitlere göre 2008 yılında şehirde yaşayan insanların sayısı, kırsalda yaşayan insan sayısını geçmiştir. Kentleşme dünyada ve ülkemizde hızla artmaktadır. Artış oranları gelecek yıllarda her beş kişiden dördünün şehirlerdeyaşayacağını göstermektedir.Kentleşme oranındaki bu artış giderek artan hizmet beklentilerine ve enerji talebine sebep olmaktadır. Artan bu talepler pahalı ve verimsiz enerji kaynaklarının kullanımı, enerji dağıtımındaki kayıplar ve kaçak elektrik kullanımı, ihtiyaç fazlası enerji kullanımı, küresel ısınma gibi daha pek çok soruna yol açmaktadır.

Giderek karmaşık hâle gelen bu sorunları çözmeyi ve kentlerdeki hayat kalitesini artırmayı amaçlayan "etkili çareler" aranmaktadır. Günümüzde teknolojiyi kullanarak yaşam alanlarının toplumsal refah düzeyine gelmesini amaçlayan “akıllı kent” modelleri, ülkelerin uluslararası politikalarında önem kazanmış ve dünyadaki birçok kentte hızla uygulanmaya başlanmıştır.

Toronto, Tokyo, Şili, Singapur, New York (Nivyork), Paris, Barselona ve Londra akıllı kent uygulamasında önde gelen kentler arasındadır. Bu ülkelerde yapılan akıllı kent çalışmaları incelendiğinde kentsel gelişimde yaşanan başta ulaştırma ve enerji sorunlarının çözümü için alt yapı ve şebekelerin insan müdahalesi olmadan, teknoloji yardımıyla iyileştirilmesi amaçlandığı görülmektedir. Bu kentlerde sokak lambalarına yerleştirilen sensörler ve LED aydınlatma cihazları yardımıyla hava şartlarına, insan ve trafik yoğunluğuna bağlı olarak aydınlatma sağlanmaktadır. Kentte bulunan pek çok tesis ve akıllı binada bulunan güneş panelleri sayesinde farklı alanlarda kullanılabilecek ısı enerjisi üretilmektedir. Ev ve iş yerlerinde bulunan yüzlerce sensörle binaların kullanım yoğunluğuna göre ısınma ihtiyacı belirlenmekte ve bina otomatik olarak ısıtılmaktadır. Güneş, su ve rüzgâr gibi yenilenebilir doğal enerji kaynaklarından dönüştürülen ve tasarruf edilen enerji; şehrin ücretsiz Wi-Fİ ağının kurulmasında, binaların ısınma ve sıcak su gibi ihtiyaçlarında değerlendirilmektedir.

21. yüzyılın akıllı çevre ve enerji çözümleri insanoğlunun karmaşık hâle getirdiği dünyayı koruma ve iyileştirme çabasıdır. Tüm çözüm yollarında esas olan insandır. İnsanların enerji kaynaklarını bilinçli kullanması, doğaya saygılı, çevre sorunlarına duyarlı olması ve tüketime değil üretime katılması ile dünya tüm canlılar için yaşanabilecek bir yer olacaktır.

4.1 İŞ, GÜÇ VE ENERJİ

Bu Bölümde Öğrenilecek Anahtar Kavramlar

İş
Güç
Enerji



Buhar gücü çok eskilerden beri bilinmektedir. On altıncı yüzyıl sonlarına doğru icat edilen ve hâlen kullanılmakta olan düdüklü tencereler buhar gücünün ve yüksek basıncın faydalı uygulamalarından biridir. Sonraki yıllarda mühendis ve fizikçi olan James Watt (Ceyms Vat) kendisine tamir etmesi için verilen bir buhar makinesini onarıp randımanını arttırır. 1781 yılına gelindiğinde Watt icat ettiği mekanik aletler sayesinde buhar gücüyle bir tekerleğin dönme hareketini sağlar. Bir döneme imza atan bu buluş sayesinde birçok iş kolu sanayileşmeye doğru gider. İnsan ve hayvan gücünün yanında etkisiz olduğu düşünülen buhar gücü ile çalışan motorlar sanayileşmenin simgesi olur. Buhar makinelerinden önce en ağır işlerde atlar kullanılmaktadır. Bu nedenle Watt, buhar makinesinin ne kadar etkili bir icat olduğunu alıcılara anlatabilmek için "beygir gücü" ifadesini kullanır. Beygir gücü günümüzde genellikle otomobil ve elektrik motorlarının güçlerinin belirlenmesinde kullanılan bir güç birimidir. Watt'ın ölümünden sonra soyadı, güç birimi olarak kullanılmıştır.

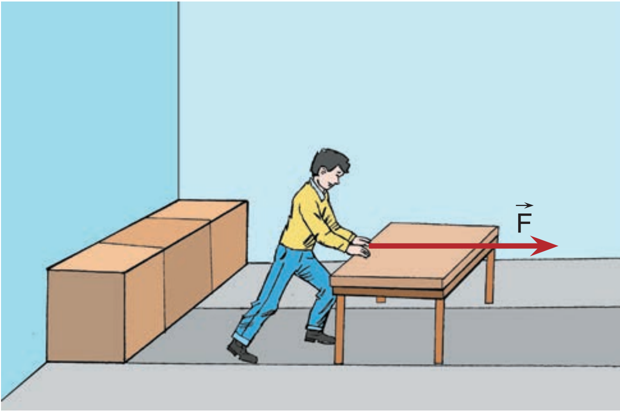
Bir öğrenci, okul bahçesinde omzunda çantası varken dolaşsa çanta üzerinde iş yapmış olur mu?
Negatif iş olur mu?
Beygir gücü ne demektir?

Bu soruların ve konuyla ilgili akla gelebilecek diğer soruların cevaplarına ünitenin bu bölümünde yer verilecektir. İş, enerji, güç kavramları ve bu kavramların birbirleriyle ilişkisi öğrenilecektir.

4.1.1 İŞ VE ENERJİ

Günlük hayatta kullanılan iş sözcüğü ile fizik biliminde kullanılan iş kavramı birbirinden farklıdır. Örneğin "İş yerin nerede?" sorusu ile görev yeri sorulmakta, "Ev işi yapmaktan yoruldum." cümlesi ile temizlik yapıldığı anlatılmakta ya da "Bu projenin daha çok işi var." cümlesiyle projenin tamamlanması için zaman gerektiği ifade edilmektedir. Günlük konuşmalarda çeşitli anlamlarda kullanılan iş sözcüğünün fizik biliminde bütün bunlardan farklı tek bir anlamı vardır.

Fizik bilimine göre iş kavramının üç temel bileşeni bulunur: cisim, kuvvet ve yer değiştirme. Bir cisim üzerinde iş yapılabilmesi için cisme kuvvet uygulanması ve cismin de uygulanan kuvvet doğrultusunda yer değiştirmesi gerekmektedir. Örneğin, Şekil 4.1.1'deki gibi masaya bir $\vec{F}$ kuvveti uygulandığında masa hareket ederse kuvvet, masa üzerinde iş yapmış olur.



Şekil 4.1.1: Yatay zemindeki masanın itilmesi

Bir öğrenci sınıf kitaplığının alt rafından aldığı kitabı üst rafa yerleştirdiğinde (Şekil 4.1.2) kitaba yukarı yönde kuvvet uygulamış olur. Kitap uygulanan bu kuvvet doğrultusunda yukarı doğru yer değiştirir ve bu durumda öğrencinin kitaba uyguladığı kuvvet, kitap üzerinde iş yapar.



Şekil 4.1.2: Kitaplığın alt rafındaki kitabın üst rafa yerleştirilmesi

Bir cisme kuvvet uygulanmasına rağmen cisim o kuvvet doğrultusunda yer değiştirme yapmıyorsa fiziksel anlamda iş yapılmaz.

Yerdeki kutuların yukarı kaldırılması sırasında (Görsel 4.1.1) iş yapılır çünkü kuvvet ve yer değiştirme yukarıya doğrudur. Omuza yerleştirilen bir kutuyla düz bir zeminde yürürken iş yapılmaz (Görsel 4.1.2). Çünkü kuvvet yukarı yönde, yer değiştirme ise yatay düzlemde ileri yöndedir. Kuvvet ve yer değiştirme birbirine diktir.



Görsel 4.1.1: Yerdeki kutuların yukarıya kaldırılması



Görsel 4.1.2: Omuzda yük taşıma

ÖRNEK SORU

- Duvara kuvvet uygulamaktan bitkin düşen bir çocuk
- Yerden aldığı çantasını omzuna asan bir akademisyen
- Stetoskop ile hastanın kalp atışlarını dinleyen bir doktor
- Sayfalarca yazı okuyan bir editör
- Düz bir parkurda ağır bir sırt çantasıyla yürüyüş yapan dağcı

Yukarıda belirtilen kişilerden hangileri fiziksel anlamda iş yapmıştır? Açıklayınız.

ÇÖZÜM

Duvara kuvvet uygulayan çocuğun kaslarındaki uzama ve gevşemeler bitkinliğe neden olur. Çocuk bitkin düşmesine rağmen uyguladığı kuvvetle duvarı hareket ettiremediği için fiziksel anlamda iş yapmamıştır.
Akademisyenin çantaya uyguladığı kuvvet ile çantanın yaptığı yer değiştirmenin doğrultusu aynıdır. Bu nedenle akademisyen iş yapmıştır.
Stetoskop ile hastanın kalp atışlarını dinleyen doktorun ve sayfalarca yazı okuyan editörün yaptığı eylemler fiziksel anlamda iş değildir.
Düz bir parkurda ağır sırt çantasıyla yürüyüş yapan dağcı sırt çantası üzerinde iş yapmış sayılmaz. Çünkü çantaya uygulanan kuvvetin yönü ile çantanın yaptığı yer değiştirmenin yönü birbirine diktir. İş yapılabilmesi için kuvvet ve yer değiştirmenin aynı doğrultuda olması gerekir.

SIRA SİZDE 1

Belirli bir yükseklikten bırakılan top yer çekimi etkisiyle yere düşer. Bu süreçte,
a) Top üzerinde iş yapılmış mıdır?
b) İşi yapan kuvvet nedir?

SIRA SİZDE 2

Bir eşyanın merdivenden yukarı çıkarılması sırasında iş yapılır mı? Açıklayınız.

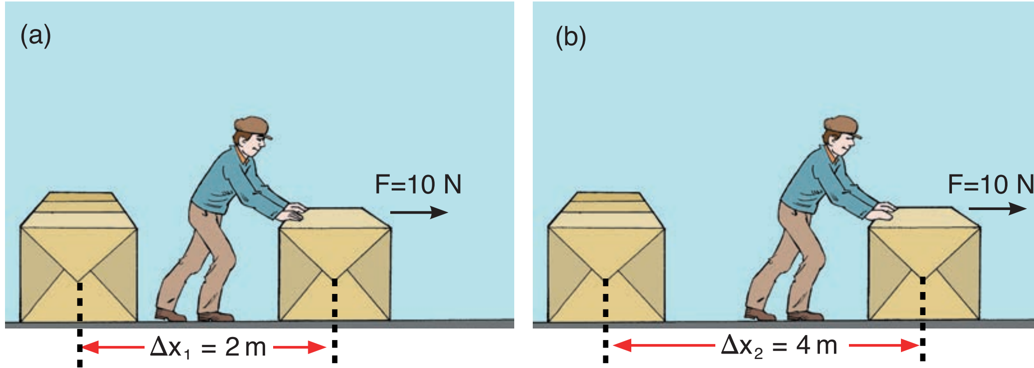
Yapılan işin büyüklüğü, cisme uygulanan kuvvete ve cismin o kuvvet doğrultusunda yaptığı yer değiştirmeye bağlıdır. Fiziksel olarak işin sıfırdan farklı olması için kuvvet ile alınan yolun çarpımının sıfırdan farklı olması gerekir. Skaler bir büyüklük olan iş W ile gösterilir. SI birim sisteminde birimi jouledür (J). Kuvvet $\vec{F}$, yer değiştirme $\Delta\vec{x}$ olmak üzere işin matematiksel modeli

$$W = \vec{F}.\Delta\vec{x}$$

şeklindedir. Kuvvetin birimi newton ve yer değiştirmenin birimi metre olduğuna göre işin birimi,

$$1\ J=1\ N.1\ m$$

olur. Matematiksel modelden de görüleceği üzere yapılan iş, uygulanan kuvvet ve yer değiştirmenin büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Cisme uygulanan kuvvet ne kadar büyükse ya da cisim kuvvet etkisinde ne kadar çok yer değiştirme yaparsa yapılan iş o kadar büyük olur.



Şekil 4.1.3 (a,b): Aynı cismin 2 m ve 4 m itilmesi

Yatay zeminde durmakta olan cisim 10 N'lık kuvvetle Şekil 4.1.3 a'daki gibi 2 m itildiğinde kuvvetin yaptığı iş

$$W_1 = \vec{F}.\Delta\vec{x}_1$$
$$W_1 = 10.2$$
$$W_1 = 20\ J$$

olur. Aynı cisim aynı kuvvetle 4 m itildiğinde ise (Şekil 4.1.3 b) kuvvetin yaptığı iş

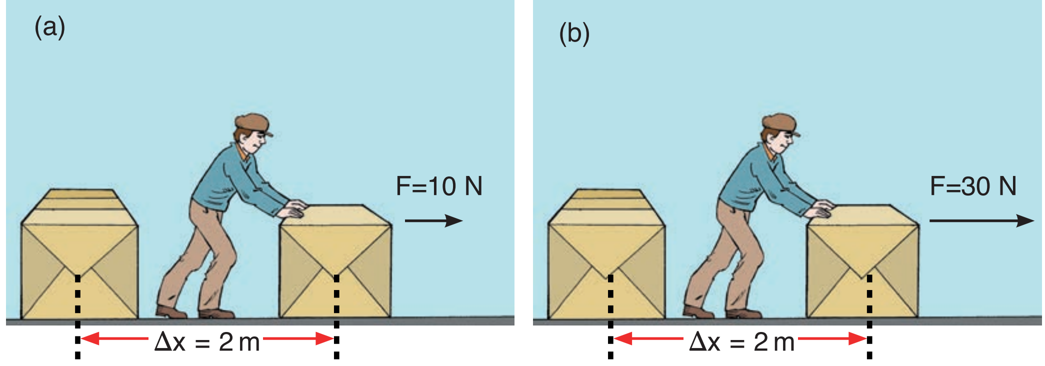
$$W_2 = \vec{F}.\Delta\vec{x}_2$$
$$W_2 = 10.4$$
$$W_2 = 40\ J$$

olarak hesaplanır.

Benzer şekilde kuvvetin büyüklüğü arttırıldığında da yapılan iş artar. Cisim yatay zemine paralel 10 N şiddetindeki kuvvetle 2 m itildiğinde (Şekil 4.1.4 a) kuvvetin cisim üzerinde yaptığı iş

$$W_1 = \vec{F}.\Delta\vec{x}$$
$$W_1 = 10.2$$
$$W_1 = 20\ J$$

olarak bulunur.



Şekil 4.1.4 (a,b): Aynı cismin farklı kuvvetlerle itilmesi

Aynı cisim yatay zemine paralel 30 N'lık kuvvetle 2 m itildiğinde (Şekil 4.1.4 b), kuvvetin cisim üzerinde yaptığı iş

$$W_2 = \vec{F}.\Delta\vec{x}$$
$$W_2 = 30.2$$
$$W_2 = 60\ J$$

olur.

ÖRNEK SORU

Bir oyuncak arabaya 20 N'lık kuvvet uygulanıyor ve araba bu kuvvetin etkisiyle kuvvet ile aynı yönde 80 cm yer değiştiriyor.
Buna göre,
a) Kuvvetin yaptığı iş kaç J'dür?
b) Kuvvetin ve yer değiştirmenin büyüklüğü iki katına çıkarılırsa yapılan iş kaç J olur?

ÇÖZÜM

a) Yer değiştirme cm biriminde verilmiştir. Enerjinin J cinsinden bulunabilmesi için yer değiştirmenin metre cinsinden ifade edilmesi gerekir. Buna göre,
80 cm=0,8 m olur.
Kuvvetin yaptığı iş
$W = \vec{F}.\Delta\vec{x}$
ifadesinden bulunur. Büyüklükler yerine yazıldığında iş
W=20.0,8
W=16 J
olarak bulunur.

b) Kuvvet ve yer değiştirmenin büyüklüğü iki katına çıkarılınca F=20.2=40 N,
$\Delta x = (0,8.2) = 1,6\ m$ olur.
Kuvvet ve yer değiştirmenin büyüklüğü arttırıldığı için yapılan iş de artar. Buna göre,

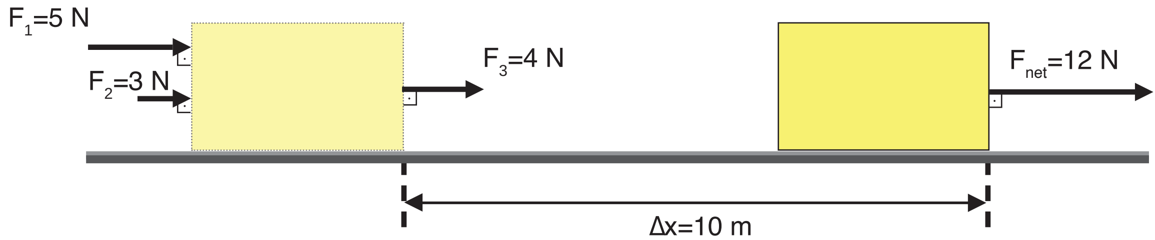
$$W = \vec{F}.\Delta\vec{x}$$
$$W = 40.1,6$$
$$W = 64\ J$$ olur.

SIRA SİZDE 3

Yatay zeminde durmakta olan cisme, yatay zemine paralel uygulanan 20 N'lık kuvvetle 60 cm yol aldırılıyor.
Buna göre kuvvetin cisim üzerinde yaptığı iş kaç J olur?

Bir cisme birden fazla kuvvet etki ederse cisim üzerinde yapılan iş nasıl hesaplanır?

Bir cisme birden fazla kuvvet etki ediyor ve cisim Şekil 4.1.5'teki gibi hareket ediyorsa yapılan iş iki ayrı yoldan hesaplanabilir.



Şekil 4.1.5: Birden fazla kuvvetin etkisiyle yer değiştiren cismin hareket yönü

1. yol: Cisme etki eden her kuvvetin yaptığı iş ayrı ayrı hesaplanır. Büyüklükleri şekilde verilen F_1, F_2 ve F_3 kuvvetlerinin yaptıkları işler sırasıyla W_1, W_2 ve W_3 olmak üzere,

$W_1 = \vec{F}_1 . \Delta\vec{x}$ $\quad$ $W_2 = \vec{F}_2 . \Delta\vec{x}$ $\quad$ $W_3 = \vec{F}_3 . \Delta\vec{x}$

$W_1 = 5.10 = 50$ J $\quad$ $W_2 = 3.10 = 30$ J $\quad$ $W_3 = 4.10 = 40$ J

bulunur. Cisim üzerinde yapılan iş, her kuvvetin yaptığı işin toplanmasıyla elde edilir:

$$W_{net}=W_1+W_2+W_3$$
$$W_{net}=50+30+40=120 \text{ J}$$

İş skaler bir nicelik olduğundan yapılan iş tüm işlerin aritmetik toplamıdır.

2. yol: Cisim üzerinde yapılan net işi hesaplamanın diğer yolu, net kuvvetin yaptığı işi hesaplamaktır. Bu durumda önce net kuvvet bulunur, daha sonra iş hesaplanır. Net kuvvetin büyüklüğü

$$F_{net} = F_1 + F_2 + F_3$$
$$F_{net} = 5 + 3 + 4 = 12 \text{ N}$$

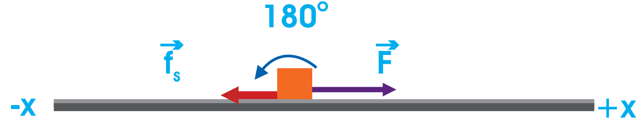
şeklindedir. Net kuvvetin yaptığı iş

$$W_{net} = \vec{F}_{net} . \Delta\vec{x}$$
$$W_{net} = 12.10 = 120 \text{ J}$$

olarak bulunur.

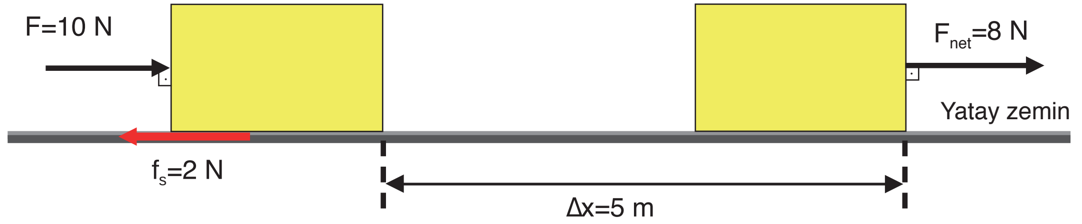
Negatif iş olur mu?

Cisim kendine etkiyen kuvvetin yönünde hareket ederse kuvvetin cisim üzerinde yaptığı iş pozitif iştir. Bu süreçte cisme, hareketine ters yönde etki eden kuvvetlerin yaptığı iş ise **negatif iş** olarak tanımlanır. Negatif iş cismin mekanik enerjisini azaltan etki olarak da tanımlanabilir. Harekete ters yöndeki kuvvetlere verilebilecek en iyi örnek sürtünme kuvvetidir.Üzerine kuvvet uygulanan bir cismin bu kuvvet etkisiyle yaptığı yer değiştirme ile sürtünme kuvvetinin yönü arasında 180° değerinde açı oluşur (Şekil 4.1.6).



Şekil 4.1.6: Cisme etki eden F kuvvetinin ve sürtünme kuvvetinin yönü

Harekete zıt yönde oluşan sürtünme kuvvetinin yaptığı iş daima negatif iştir. Sürtünme sebebiyle belli bir miktar iş ısı enerjisine dönüşür. Cismin hareket edebilmesi için cisim üzerine etki eden kuvvetin, sürtünme kuvvetinden büyük olması gerekir.



Şekil 4.1.7: Sürtünmeli zeminde yer değiştirme yapan cisim

Sürtünmeli yatay zeminde durmakta olan cisme Şekil 4.1.7'deki gibi 10 N şiddetindeki F kuvveti uygulandığında cisim 5 m yer değiştirme yapıyorsa kuvvetin cisim üzerinde yaptığı iş iki yoldan hesaplanır.

1. yol: F kuvvetinin yaptığı iş W_F olmak üzere

$$W_F = \vec{F}.\Delta\vec{x}$$

$$W_F = 10.5 = 50 \text{ J}$$

olur. Cismi hareket ettiren kuvvetin yaptığı iş pozitiftir. Cisme yol boyunca etki eden 2 N şiddetindeki sabit sürtünme kuvveti de iş yapar ama yaptığı iş negatiftir. Sürtünme kuvveti $\vec{f}_s$ ve sürtünme kuvvetinin yaptığı iş W_{f_s} olmak üzere sürtünme kuvvetinin yaptığı iş

$$W_{fs} = \vec{f}_s.\Delta\vec{x}$$

$$W_{fs} = (-2).5 = -10 \text{ J}$$

şeklindedir. Bu durumda cisim üzerinde yapılan net iş

$$W_{net} = W_F + W_{fs}$$

$$W_{net} = 50 + (-10) = 40 \text{ J}$$

olarak bulunur. Görüleceği üzere sürtünme kuvvetinin varlığı, cisim üzerinde yapılan net işi azaltmaktadır.

2. yol: Net iş hesaplaması, net kuvvetin bulunmasıyla da yapılabilir.

$$\vec{F}_{net} = \vec{F} + \vec{f}_s$$

$$F_{net} = 10 + (-2) = 8\,N$$

Cisim üzerinde yapılan net iş

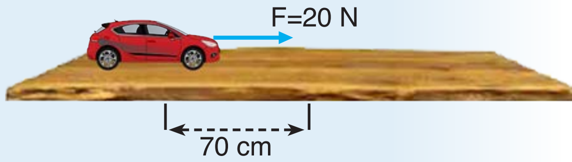
$$W_{net} = \vec{F}_{net}.\Delta\vec{x}$$

$$W_{net} = 8.5 = 40\,J$$

olarak hesaplanır.

ÖRNEK SORU

Oyuncak araba sürtünme kuvvetinin sabit ve 4 N şiddetinde olduğu masa üzerinde şekildeki gibi yatay yola paralel 20 N'lık kuvvetin etkisi altında 70 cm yer değiştiriyor.



Buna göre;

a) 20 N'lık kuvvetin,

b) Sürtünme kuvvetinin,

c) Net kuvvetin yaptığı iş kaç J'dür?

ÇÖZÜM

Oyuncak arabaya etki eden +x ekseni yönündeki kuvvet ve –x yönündeki sürtünme kuvveti şekildeki gibidir.



Buna göre,

a) 70 cm=0,7 m

$W_s = \vec{F}.\Delta\vec{x}$

$W_s = 20.0,7$

$W_s = 14$ joule

b) $W_s = \vec{f}s.\Delta\vec{x}$

$W_s = -4.0,7$

$W_s = -2,8$ joule

c) $W_{net} = (\vec{F} + \vec{f}s).\Delta\vec{x}$

$W_{net} = (20 - 4).0,7$

$W_{net} = 11,2$ joule olur.

SIRA SİZDE 4

Yatay zeminde ilerleyen bir cisme yatay zemine paralel 8 N'lık bir kuvvet ve 5 N büyüklüğünde sabit bir sürtünme kuvveti etkimektedir.
Buna göre 4 m'lik yol sonunda cisim üzerinde yapılan net iş kaç J olur?

SIRA SİZDE 5

Sürtünmesiz yatay zemindeki cisme 80 cm'lik yol boyunca zemine paralel kuvvetler uygulanmaktadır.
Buna göre cisim üzerinde yapılan net iş kaç jouledür?





Görsel 4.1.3: Güneş enerjisiyle çalışan su ısıtıcısı

İş ile enerji arasındaki ilişki nedir?

Günlük hayatta bir işin yapılabilmesi için enerjiye ihtiyaç vardır. Örneğin nefes alma, kalbin kan pompalaması, midede besinlerin parçalanması ve bağırsaklarda emilimin gerçekleşmesi gibi yaşamsal fonksiyonlar, besinlerden elde edilen enerjiyle gerçekleşir. Isınmak ya da araçla seyahat etmek için yakıtlardan elde edilen enerjiye, bilgisayarı çalıştırmak ya da evi aydınlatmak için elektriğe, sörf yapmak için dalga enerjisine, çatılara yerleştirilen su ısıtıcılarındaki (Görsel 4.1.3) suyu ısıtmak için güneş enerjisine ihtiyaç vardır. Bu nedenle en genel tanımı ile **enerji**, iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Cisim üzerinde iş yapıldığında cisme enerji aktarılır. Cismin enerjisi aktarılan enerji kadar değişir. Bu olayı açıklayan teorem İş-Enerji Teoremi'dir. İş W ve cismin enerjisindeki değişim ΔE olmak üzere teoremin matematiksel modeli

$$W=\Delta E$$

şeklindedir. Sonraki bölümde aktarılan enerji kinetik ve potansiyel enerji olmak üzere iki ayrı başlıkta incelenecektir.

Bir kuvvetin cisim üzerinde yaptığı iş ve cisme aktarılan enerji zamandan bağımsız kavramlardır. Bir işin ne kadar zamanda yapıldığı ise başka bir fizik kavramı olan güç ile ilişkilidir.

Meraklısına Bilgi



Elektrik sayaçları üzerinde enerji birimi olarak kWh kullanılmaktadır. Faturalandırma, tüketilen enerjiye göre belirlenir. Sayaç, ayın başlangıcında ve sonunda okunur. Okunan iki değer arasındaki fark alınarak ay boyunca tüketilen enerji belirlenir. Enerjinin birim fiyatı ile tüketilen enerji miktarı çarpılarak harcanan enerjinin bedeli hesaplanır.

4.1.2 GÜÇ

Günlük hayatta kullanılan anlamı ile fizik biliminde kullanılan anlamı birbirinden farklı olan kavramlardan birisi de güç kavramıdır. Örneğin vücut geliştirme sporu ile uğraşan ya da zor bir durum karşısında dirayet gösteren kişiler güçlü kişiler olarak tanımlanır. Fizik biliminde ise güçlü olmak, aynı işi en kısa zamanda yapmaktır. Örneğin Levent bir kitap kolisini okulun giriş katından 2. katına 1 dakikada taşıyor. Mert ise aynı işi 2 dakikada yapıyorsa, Levent Mert'ten daha güçlüdür.

Güç, bir işin birim zamanda yapılma hızıdır. P ile gösterilir. SI'da birimi watt olup W ile gösterilir. Gücün matematiksel modeli

$$\text{Güç} = \frac{\text{Yapılan iş}}{\text{İşin yapılma süresi}} = \frac{\text{Aktarılan enerji}}{\text{Geçen zaman}}$$

$$P = \frac{W}{t} \text{ ve } P = \frac{\Delta E}{t}$$

şeklindedir. Güç; yapılan iş veya aktarılan enerji ile doğru, geçen zaman ile ters orantılıdır. İşin birimi J, zamanın birimi s olduğuna göre

$$\frac{1\ J}{1\ s} = 1 \text{ watt}$$

olur.

ÖRNEK SORU

Beş dakikada 900 joule iş yapan bir motorun gücü kaç watt olur?

ÇÖZÜM

Dakika biriminde verilen zaman saniyeye çevrilmelidir.
5.60=300 s
P= W/t olduğuna göre
P= W/t= 900/300
P=3 watt olarak bulunur.

SIRA SİZDE 6

Sürtünmelerin ihmal edildiği bir ortamda toplam yükü 600 kg olan asansör, 0,5 m/s sabit hızla 5 m yükseğe çıkarıldığına göre asansör motorunun gücü kaç watt olur? (g=10 m/s² alınız.)

Bir cihazın gücü, cihazın birim zamanda harcadığı enerjiyi ifade eder. Bu durumda cihazın bir t zamanda harcadığı enerjinin bulunması için birim zamanda harcadığı enerji (gücü) ile aracın çalıştırılma süresi çarpılır. Harcanan enerjinin matematiksel modeli güç denkleminden elde edilir. Harcanan enerji için

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow W = P.t$$

ifadesine ulaşılır. Enerjinin birimi W.s'dir. Buna göre W.s ve J birimleri arasındaki ilişki

$$1\ J=1\ W.1\ s$$

olduğu görülür.

ÖRNEK SORU

Bir otomobil motoru otomobile 2000 N'lık kuvvet uygulayarak 500 m'lik yolu 5 s'de almasını sağlıyor. Otomobile yol boyunca sabit, 500 N şiddetinde sürtünme kuvveti etki ediyor.
Buna göre
a) Otomobil motorunun gücü kaç watt olur?
b) Otomobilin gücü kaç watt olur?

ÇÖZÜM

a) Otomobil motorunun gücü
P=W/t=F.x/t=2000.500/5=200000 watt
b) Otomobilin gücü hesaplanırken otomabilin yaptığı net iş dikkate alınır. Bu sebeple iş hesaplamasında net kuvvet kullanılmalıdır. Otomobile etki eden net kuvvetin büyüklüğü F=2000-500=1500 N şeklindedir. Otomobilin gücünün bulunması için P=W/t=F.x/t ifadesi kullanılmalıdır. Buna göre, P=1500. 500/5=150000 watt şeklinde bulunur.

ÖRNEK SORU

Nalan Hanım'a elindeki 12 kg'lık alışveriş poşetlerini taşımak için yardım eden 48 kg kütleli Alper, poşetleri sabit hızla apartmanın girişinden yerden yüksekliği 8 m olan 2. katındaki evine 15 s'de çıkarıyor.
Buna göre Alper'in gücü kaç watt olur?
(g=10 N/kg alınız.)

ÇÖZÜM

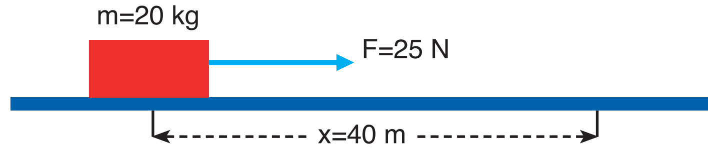
Alper'in ikinci kata taşıdığı toplam yük m=48+12=60 kg'dır. Toplam kütlenin ağırlığı G=m.g=60.10=600 N olur.
Yapılan iş,
W=F.x=G.h=600.8=4800 J
Güç ise,
P=W/t=4800/15=320 watt şeklinde bulunur.

SIRA SİZDE 7

Hasan bahçesinde bulunan 15 m yüksekliğindeki ağaç evine 180 N ağırlığındaki eşyaları bir ip yardımıyla 30 saniyede çekiyor.
Buna göre Hasan'ın gücü kaç watt olur?

SIRA SİZDE 8

Yatay zeminde durmakta olan 20 kg'lık cisme zemine paralel olarak 25 N'lık kuvvet uygulanıyor. Cisim kuvvetin etkisiyle 40 m yol alıyor.



1. *Zemin sürtünmesiz ise 40 m'lik yol sonunda cisim üzerinde yapılan iş kaç joule olur?*
2. *Zemin sürtünmesiz ise 40 m'lik yol 1 dakika 20 saniyede alınacak olursa güç kaç watt olur?*
3. *Sürtünmeli zeminde sabit 15 N'lık sürtünme kuvveti cisme etki ediyorsa 40 m'lik yol sonunda yapılan net iş kaç joule olur?*
4. *Sabit 15 N'lık sürtünme kuvvetinin etkisi ile ısı enerjisine dönüşen enerji kaç jouledür?*



Görsel 4.1.4: Yarış arabası

Arabalarda motor gücü ifade edilirken beygir gücü (bg) kullanılmaktadır. Bir beygir gücü 746 watta eşittir. Beygir gücü yüksek olan araçlar daha çabuk hızlanır. Örneğin yarış arabaları (Görsel 4.1.4) 100 km/h hıza yaklaşık 5 saniyede ulaşırken günlük hayatta kullanılan binek araçlar bu hıza yaklaşık 15 saniyede ulaşmaktadır. Gücü yüksek araç motorlarının araca aktardığı enerji daha fazla olur.

Elektrikli cihazların Enerji Kimlik Belgeleri'nin üzerinde gücü yazar. Cihazla bir iş yapılırken, yapılan işin miktarına bağlı olarak enerji tüketilir ve enerji kaybının olmadığı sistemlerde tüketilen enerji kadar iş yapılır. Gerçek dünyada harcanan enerji kadar iş yapılamaz çünkü enerjinin bir bölümü ısı, ses gibi istenmeyen diğer enerji türlerine dönüşür.

MEKANİK ENERJİ

4.2



Bir kayak sporcusu, zirvedeki başlangıç noktasında hareketsiz beklerken kayacağı pisti inceler ve yapacağı hareketleri gözden geçirir. Başlama komutu ile birlikte harekete geçer. Sporcu yamaçtan aşağıya dizleri bükülmüş, başı ve gövdesi öne doğru eğilmiş biçimde iner. Bu şekilde kayarken vücuduna etki eden havanın sürtünme kuvvetini azaltmış olur ve inişi hızlanır. Bitiş noktasına yaklaşırken vücudunu dik bir konuma getirerek kendisine etki eden havanın sürtünme kuvvetini artırır ve durmayı kolaylaştırır. Slalom yarışlarında ise sporcu yukarıdan aşağıya inerken kazandığı hızı, bayraklar arasındaki geçişi sırasında batonlar yardımıyla ayarlar, dönüş yaparak kaymaya devam eder.

Kargalar cevizleri nasıl kırar?
Spor ayakkabı tabanlarının yapımında kauçuk kullanılmasının enerji ile ilgisi var mıdır?
Uzay istasyonu parçalarını taşıyan bir uzay mekiğinin mekanik enerjisi korunur mu?

Bu soruların ve konuyla ilgili akla gelebilecek diğer soruların cevaplarına ünitenin bu bölümünde yer verilecektir. Öteleme kinetik enerjisi, yer çekimi potansiyel enerjisi ve esneklik potansiyel enerjisi ile bağlı oldukları değişkenler incelenecek, mekanik enerji kavramı ele alınacaktır.

Bu Bölümde Öğrenilecek Kavram ve Terimler

Öteleme kinetik enerjisi
Yer çekimi potansiyel enerjisi
Esneklik potansiyel enerjisi
Mekanik enerji

4.2.1 ÖTELEME KİNETİK ENERJİSİ

Bir futbol topu ağlarla buluştuğunda, ağın dışa doğru hareket etmesini sağlar (Görsel 4.2.1). Futbol topu ağlara temas ettiğinde taşıdığı enerjinin bir kısmı ağları havalandırmak için bir kısmı da sürtünme ile harcanır. Bir bilardo topu diğer bilardo toplarına çarptığında onları hareket ettirir (Görsel 4.2.2). Bilardo topu taşıdığı enerjinin bir kısmını diğer bilardo toplarına aktarmış olur. Futbol topu ağ, bilardo topu ise diğer bilardo topları üzerinde iş yapmış demektir. Bu durumda yukarıdaki örneklerde geçen futbol ve bilardo topu enerjiye sahip olduğu anlamına gelmektedir.



Görsel 4.2.1: Ağlarla buluşan bir futbol topu



Görsel 4.2.2: Bilardo topları

Cisimlerin hareketinden dolayı sahip oldukları enerji, **kinetik enerji** olarak adlandırılır. Yürüyen bir çocuk, hızla akan bir ırmak, sallanan bir yaprak, dönen bir fırıldak, hareket hâlindeki bir otobüs, koşan kedi, uçan martı gibi hareket hâlindeki bütün varlıklar kinetik enerjiye sahiptir. Cismin hareketi öteleme şeklindeyse bu enerjiye **öteleme kinetik enerjisi** adı verilir.

Öteleme kinetik enerjisini etkileyen değişkenleri gözlemlemek için "Öteleme hareketi yapan bir cismin kinetik enerjisindeki değişim" adlı etkinliği yapınız.

ETKİNLİK

***ETKİNLİĞİN ADI:* Öteleme Hareketi Yapan Bir Cismin Kinetik Enerjisindeki Değişim**

***ETKİNLİĞİN AMACI:* Öteleme kinetik enerjisinin bağlı olduğu değişkenlerin gözlemlenmesi**

***KULLANILAN MALZEMELER:* Oyuncak kamyon, ağırlık takımı, 42 cm eninde 75 cm uzunluğunda yağlı kâğıt (fırın pişirme kâğıdı), yapıştırıcı bant, tahta blok ve kalem**

- *Yağlı kağıdı bant yardımıyla masaya yapıştırınız.*
- *Oyuncak kamyonu kâğıdın başlangıcına, tahta bloğu ise kamyonun önünden 20 cm uzağa yerleştiriniz ve tahta bloğun bulunduğu yeri kalemle çizerek belirleyiniz.*
- *Önce boş kamyonu elinizle hızlandırarak tahta bloğa çarptırınız ve çarpmanın etkisiyle hareket eden bloğun yeni yerini çizerek belirleyiniz ve daha sonra ölçünüz (Kamyonun hızını aynı tutabilmek için her seferinde eşit mesafelerden bırakınız).*
- *Sonra kamyonun kasasına sırasıyla 50 g, 100 g ve 150 g ağırlıklarını koyarak aynı şekilde hızlandırıp tahta bloğa çarptırınız ve tahta bloğun yerini belirleyip ölçünüz. Elde ettiğiniz sonuçları aşağıdaki tabloya yazınız.*
- *Buraya kadar yaptığınız işlemleri aynı sırayla ve kamyonun hızını artırarak tekrar ediniz.*

ETKİNLİK

	Kamyon boşken	Kamyonda 50 g kütle varken	Kamyonda 100 g kütle varken	Kamyonda 150 g kütle varken
Kamyon serbest bırakıldığında				
Kamyonun hızı artırıldığında				

ETKİNLİĞİN SONUÇLANDIRILMASI

1. Kamyonun kasasındaki kütleler arttırıldıkça tahta bloğun yer değiştirmesi nasıl olmuştur?
2. Kamyonun hızı artırılınca tahta bloğun yer değiştirmesi nasıl olmuştur?
3. Kinetik enerji, kütle ve hız arasında nasıl bir ilişki kurarsınız?

Etkinlikten oyuncak kamyonun kütlesi ve hızı artırıldıkça, kamyonun tahta blok üzerinde yaptığı işin arttığı gözlenir. Kinetik enerji cismin kütlesi ve hızına bağlı bir niceliktir. SI'daki birimi joule olan kinetik enerji KE ile gösterilir. m kütleli ve v büyüklüğünde hızla hareket eden bir cismin kinetik enerjinin matematiksel modeli

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

şeklindedir. Kinetik enerji, kütle ve hızın karesi ile doğru orantılıdır.

ÖRNEK SORU

Yatay bir zeminde 70 km/h hızla hareket etmekte olan 1500 kg kütleli bir otomobilin kinetik enerjisi ile aynı hızla ilerleyen 5 tonluk bir kamyonun kinetik enerjisini karşılaştırınız.

ÇÖZÜM

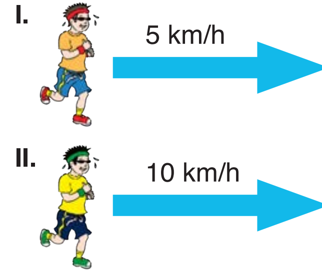
Kinetik enerji kütle ve hızın karesi ile doğru orantılıdır. Otomobil ve kamyonun hızları eşit olduğuna göre kütlesi büyük olan aracın kinetik enerjisi daha büyüktür. Bu durumda kamyonun kinetik enerjisi otomobilin kinetik enerjisinden daha büyük olur.

SIRA SİZDE 9

Bir kelebek ile sinek kuşunun kanat çırpışlarındaki kinetik enerjilerini karşılaştırınız.

SIRA SİZDE 10

Eşit kütleli koşucuların hızlarının büyüklüğü şekilde verilmiştir.
Buna göre kaç numaralı koşucunun kinetik enerjisi daha büyüktür?



4.2.2 POTANSİYEL ENERJİ

Potansiyel kelimesi "henüz varlığı ortaya çıkmamış olan" şeklinde tanımlanmaktadır. Günlük hayatta kullanımına örnek olarak "Potansiyeli yüksek bir öğrenci." ifadesi verilebilir. Fizik biliminde **potansiyel enerji**, kullanıma hazır enerji anlamına gelir. Potansiyel enerji, yer çekimi potansiyel enerjisi ve esneklik potansiyel enerjisi olmak üzere ikiye ayrılabilir.

1. YER ÇEKİMİ POTANSİYEL ENERJİSİ

İçinde defter, kitap ve kalemlerin bulunduğu okul çantası yukarı kaldırıldığında çanta üzerinde iş yapılır (Şekil 4.2.1). Omuzda asılı olan çantanın sapı koptuğunda, yerde duran bir teneke kutunun üzerine düşerse teneke kutuyu ezer ve kutu üzerinde iş yapar (Şekil 4.2.1).



Şekil 4.2.1: Yukarı kaldırılan çantanın teneke kutu üzerine düşmesi

Yüksekten kuma bırakılan top, düştüğü yerde bir çukur oluşturur. Top, kum taneciklerini hareket ettirdiğine göre kum tanecikleri üzerinde bir iş yapmıştır yani topun bir enerjisi vardır.

Çantanın ve topun yukarı kaldırılması sırasında bu cisimler üzerinde iş yapılır ve yapılan iş kadar cisme enerji aktarılır. Cisim artık bulunduğu konumda bir enerjiye sahip olur. Cisimlerin bulundukları konumdan dolayı sahip oldukları bu enerjiye **yer çekimi potansiyel enerjisi** denir.

Yer çekimi potansiyel enerjisinin cismin kütlesine ve bulunduğu yüksekliğe bağlı olduğunu "Yükseklikten kaynaklanan enerji" etkinliğini yaparak gözlemleyiniz.

ETKİNLİK

***ETKİNLİĞİN ADI:* Yükseklikten Kaynaklanan Enerji**

***ETKİNLİĞİN AMACI:* Yer çekimi potansiyel enerjisinin cismin kütlesine ve bulunduğu yüksekliğe bağlı olduğunun gözlemlenmesi**

***KULLANILAN MALZEMELER:* Oyuncak kamyon, ağırlık takımı, 4 tane A4 kâğıt, bant, kalem, yarım tabaka mukavva ve yükselti yapmak için kitaplar**

- *İkişer kişilik gruplara ayrılınız.*
- *A4 kâğıtlarını uç uca düzgünce bantlayınız.*
- *Üç adet ders kitabınızı üst üste koyup yüksekliğini cetvelinizle ölçerek tablodaki yerine yazınız. Mukavvanızı oluşturduğunuz yüksekliğin ucuna dayayıp basit bir eğik düzlem yapınız ve düzlemin ucuna, sıranızın üstüne yapıştırdığınız kâğıdı seriniz.*
- *1. Adım: Kamyonun kasası boşken düzlemden aşağı itmeden bırakınız. Kamyonun kâğıt üzerinde durduğu noktayı çizgi çekerek belirleyiniz ve eğik düzlemin bittiği noktadan durduğu çizgiye kadar olan mesafeyi cetveliniz ile ölçerek tabloda yerine yazınız.*
- *2. Adım: Kamyonun kasasına ağırlık takımından bir ağırlık seçerek yerleştiriniz ve seçtiğiniz ağırlığı tabloda ilgili yere yazınız. Bu şekilde kamyonu eğik düzlemden serbest bırakınız ve kamyonun durduğu yeri çizgi çizerek işaretleyiniz. Eğik düzlemin bittiği noktadan bu çizgiye kadar olan mesafeyi cetveliniz ile ölçerek tablodaki yerine yazınız. Bu adımı farklı bir ağırlıkla tekrarlayınız.*
- *3. Adım: Eğik düzlemin yüksekliğini üç kitap daha ekleyerek artırınız ve yeni yüksekliği cetvelle ölçerek tabloda yerine yazınız. Birinci, ikinci ve üçüncü adımdaki işlemleri bu yükseklikteki eğik düzlemi kullanarak tekrarlayınız. Elde ettiğiniz ölçüm sonuçlarını tablodaki yerine yazınız (Daha önce kullanmış olduğunuz A4 kağıtlarını ters çevirerek tekrar kullanabilirsiniz.).*





3 kitap yüksekliği ....cm			
	Kamyonun boş kütlesi (kg)	Kamyona ilk yerleştirilen kütle (kg)	İkinci kütlenin eklenmesiyle oluşan yeni kütle (kg)
Düz zeminde kamyonun kat ettiği yol (cm)			

6 kitap yüksekliği ....cm			
	Kamyonun boş kütlesi (kg)	Kamyona ilk yerleştirilen kütle (kg)	İkinci kütlenin eklenmesiyle oluşan yeni kütle (kg)
Düz zeminde kamyonun kat ettiği yol (cm)			

ETKİNLİĞİN SONUÇLANDIRILMASI

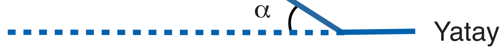
1. Kamyonun yatayda aldığı yol ile kütlesi arasındaki ilişki nedir? Açıklayınız.

2. Kamyonun yatayda aldığı yol ile bırakıldığı yükseklik arasındaki ilişki nedir? Açıklayınız.

3. Yükseklik ve kütle arttırıldığında enerjideki değişim nasıl olur?

4. Yatayla yaptığı açı α (alfa) olan eğik düzlemden serbest bırakılan kamyonun hareketi, α açısı arttırıldığında nasıl değişir? Tartışınız.





Etkinlikten görüleceği üzere potansiyel enerji, kütle ve yükseklikle doğru orantılıdır. Buna göre,

- Aynı yükseklikteki cisimlerden kütlesi büyük olanın potansiyel enerjisi daha büyüktür.
- Eşit kütleli cisimlerden yüksekte olanın potansiyel enerjisi daha büyük olur.

Cismin kütlesi m, yer çekimi ivmesi g ve yapılan iş W olmak üzere cisim üzerinde yapılan iş

$$W = \vec{F}.\Delta\vec{x}$$

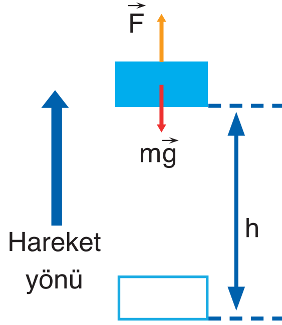
$$W = mg.h$$

olur. Yapılan iş kadar cisme enerji aktarıldığına göre yer çekimi potansiyel enerjisi PE olmak üzere, matematiksel modeli

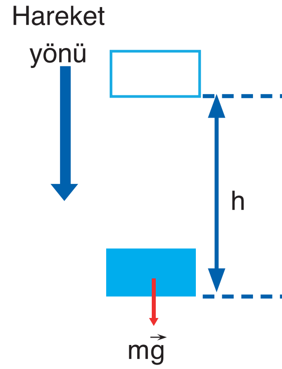
$$PE=mg.h$$

şeklindedir. Potansiyel enerjinin birimi J'dür.

Sabit hızla yukarı yönde hareket etmekte olan cisme ağırlığına eşit büyüklükte, zıt yönde bir kuvvet uygulandığında cisim Şekil 4.2.2 a'daki gibi yukarıya doğru sabit hızla yer değiştirme yapar.



Şekil 4.2.2 (a): Yer çekimine karşı yapılan iş



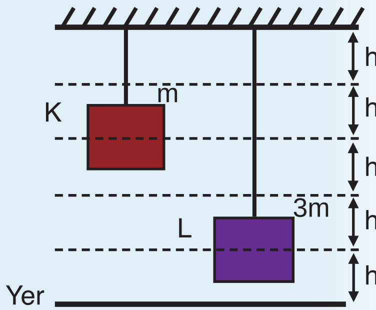
Şekil 4.2.2 (b): Yer çekimin yaptığı iş

Yukarı doğru yer değiştiren cisimlerin potansiyel enerjileri artarken belirli bir yükseklikten Şekil 4.2.2 b'deki gibi bırakılan cisimlerin potansiyel enerjisi azalır.

Cisimler yukarı doğru hareket ettirildiğinde yer çekimine karşı iş yapılmış olur. Yüksekten bırakılan cismin yere düşmesini sağlayan kuvvet yer çekimidir. Bu durumda cisim üzerinde işi yapan kuvvet, yer çekimi kuvveti olur.

ÖRNEK SORU

K ve L cisimlerinin kütleleri ve yer düzlemine olan yükseklikleri şekilde verilmiştir.



K ve L cisimlerinin potansiyel enerjileri sırasıyla PE_K ve PE_L olmak üzere, aralarındaki büyüklük ilişkisi nedir?

ÇÖZÜM

Potansiyel enerjinin matematiksel modeli PE=mg.h şeklindedir.Potansiyel enerjinin büyüklüğü kütle, yer çekimi ivmesi ve yükseklikle doğru orantılıdır. Yandaki şekile göre sorunun çözümü için değişkenler incelendiğinde,

L cisminin kütlesi, K cisminin kütlesinin üç katıdır. Yalnızca kütleler karşılaştırıldığında L'nin potansiyel enerjisi, K'nin potansiyel enerjisinin üç katı olur.

Aynı ortamda bulunan kütlelere etki eden yer çekimi ivmesi aynıdır.

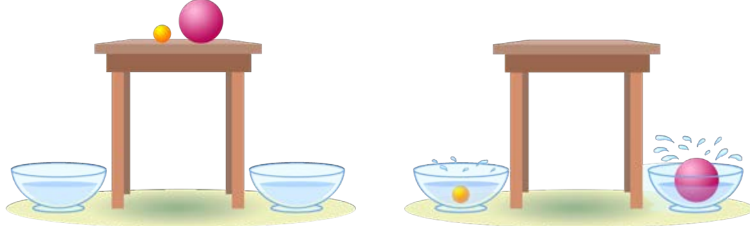
K cisminin yerden yüksekliği, L cisminin yerden yüksekliğinin üç katıdır. Yalnızca yükseklikler karşılaştırıldığında ise K'nin potansiyel enerjisi L'nin potansiyel enerjisinin üç katı olur.

Buna göre PE_K=mg.3h=3mg.h ve PE_L=3mg.h olduğu görülür. PE_K ile PE_L arasındaki büyüklük ilişkisi

PE_K=PE_L şeklinde olur.

SIRA SİZDE 11

Yanda verilen görselde potansiyel enerjinin bağlı olduğu hangi değişken incelenmektedir?



SIRA SİZDE 12

Yer düzleminden 10 m yükseklikteki 5 kg kütleli K cisminin potansiyel enerjisi PE_K, 20 m yükseklikteki 10 kg kütleli L cisminin potansiyel enerjisi PE_L'dir.
Buna göre PE_K ve PE_L arasındaki ilişki nedir?

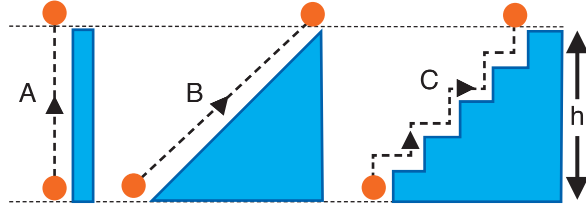
SIRA SİZDE 13

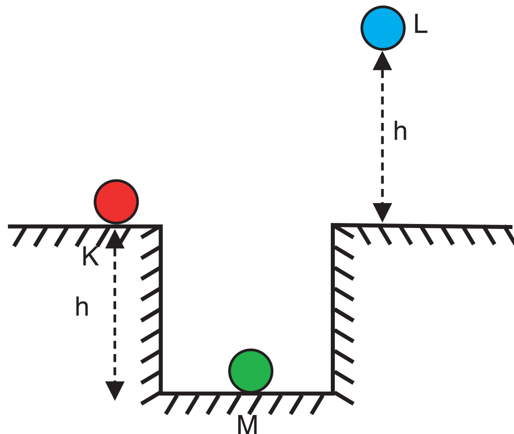
Yatay zeminde durmakta olan m kütleli top, şekilde verilen A, B ve C yolları ile sabit hızla h yüksekliğine çıkarılmaktadır. Buna göre,

a) Cismin A, B ve C yolları sonundaki enerjileri arasındaki ilişki nedir?

b) Cisimler üzerinde yapılan işler eşit midir?

c) Hangi yolda ya da yollarda yer çekimine karşı iş yapılmıştır?





Şekil 4.2.3: Cisimlerin farklı noktalara göre potansiyel enerjileri

Potansiyel enerji için yükseklik farkı önemlidir. Bu nedenle bir cismin potansiyel enerjisi hesaplanırken bir referans noktası seçilir. Cismin bulunduğu yer ile referans noktası arasındaki yükseklik farkına bakılır.

K noktası referans noktası seçildiğinde (Şekil 4.2.3) kırmızı cismin bu noktaya göre potansiyel enerjisi sıfırdır. M noktasındaki yeşil cismin potansiyel enerjisi negatif, L noktasında bulunan mavi cismin potansiyel enerjisi pozitif olur.

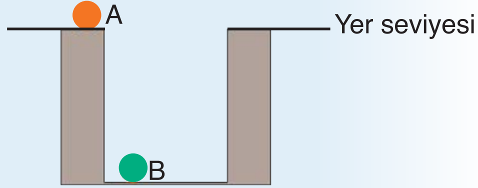
L noktası referans noktası seçildiğinde (Şekil 4.2.3) hem kırmızı cismin hem de yeşil cismin potansiyel enerjisi negatif olur.

M noktası referans noktası seçildiğinde (Şekil 4.2.3) ise hem kırmızı cismin hem de mavi cismin potansiyel enerjisi pozitif olur.

Bazı hayvanlar da yer çekimi potansiyel enerjisinden faydalanarak yiyeceklerini yenebilecek hâle getirirler. Karganın cevizini yüksekten sert zemine atması bu duruma örnek verilebilir. Karga, attığı cevizin kırılmadığını gördüğü takdirde daha yükseğe uçar ve cevizi o yükseklikten bırakır.

ÖRNEK SORU

Referans noktası yer seviyesi kabul edilen bir sistemde A ve B kürelerinin konumları şekildeki gibidir.



Buna göre A ve B kürelerinin yer seviyesine göre potansiyel enerjileri arasındaki ilişki nedir?

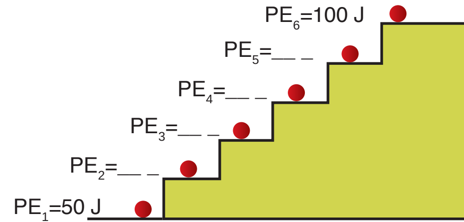
ÇÖZÜM

Referans noktası yer seviyesi olarak kabul edildiğine göre A küresinin potansiyel enerjisi sıfırdır. Yer seviyesinin altında bulunan B küresinin potansiyel enerjisi ise negatif değer alır. Matematiksel büyüklük olarak karşılaştırma yapıldığında A'nın potansiyel enerjisi E_A, B'nin potansiyel enerjisi E_B olmak üzere aralarındaki ilişki

$E_A > E_B$ olur.

SIRA SİZDE 14

Merdiven basamakları üzerindeki özdeş cisimlerin bazı noktalardaki potansiyel enerjileri şekilde verilmiştir.
Buna göre şekilde boş bırakılan yerleri uygun değerlerle doldurunuz (Basamaklar eşit yüksekliktedir.).



2. ESNEKLİK POTANSİYEL ENERJİSİ

Bir kuvvet etkisinde şekli değiştirilen ve kuvvet ortadan kaldırıldığında tekrar eski hâline geri dönebilen cisimlere **esnek cisim** denir. Görsel 4.2.3'teki gibi yaylar bu cisimlere verilebilecek en bilinen örneklerdendir.

Koşu veya yürüyüş için özel tasarlanmış kauçuk tabanlı bir spor ayakkabı giyip adımınızı her attığınızda ayakkabının kauçuk tabanı yere doğru sıkışacak ve ayağınızı yerden kaldırdığınız an sizi yukarı doğru itecektir. İçinde yay bulunan bir tükenmez kalemin açma-kapama düğmesini sıranıza bastırıp elinizi kalemden çektiğiniz an kalem fırlayacaktır. Kauçuk taban ve tükenmez kalemdeki yay gibi esnek sistemler gerildiğinde ya da sıkıştırıldığında potansiyel enerji kazanır. Cisimlerin bulundukları durumdan dolayı sahip oldukları bu enerjiye **esneklik potansiyel enerjisi** denir.

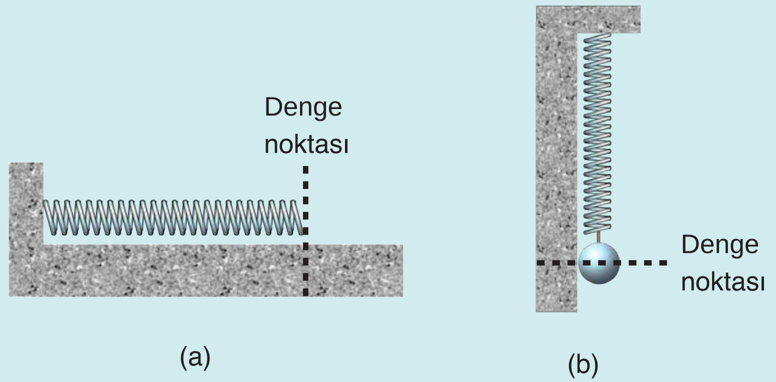


Görsel 4.2.3: Esnek yaylar

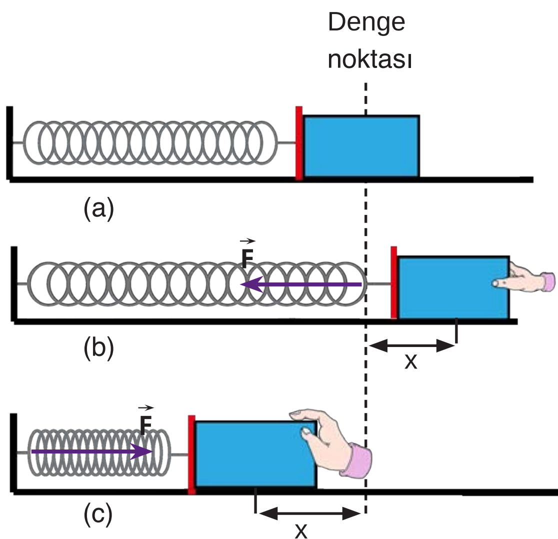

Görsel 4.2.4: Paket lastiği

Süngerler ve paket lastikleri de (Görsel 4.2.4) kauçuk spor ayakkabı tabanı gibi esnek malzemelere verilebilecek örneklerdendir. Esnek cisimlerin yapıldıkları malzemeye bağlı olarak değişen bir esneklik sınırı vardır. Bu sınır aşıldığında cismin yapısında kalıcı bozulma, kırılma, kopma gibi durumlarla karşılaşılabilir. Esnek bir malzeme olan yay esneklik sınırı aşılmadan kullanılmak istendiğinde **yay sabiti** adı verilen, birim uzunluk başına düşen kuvvet ile hesaplanan k sabiti göz önüne alınmalıdır.

Yatay düzlemde durmakta olan bir yay için denge noktası, yayda gerilme veya sıkışmanın olmadığı durumda yayın serbest ucunun bulunduğu yerdir (Şekil 4.2.4 a). Düşey doğrultuda asılmış yaya bağlı bir cisim için denge noktası ise cismin ağırlığının yaydaki gerilme kuvvetine eşit olduğu noktadır (Şekil 4.2.4 b).



Şekil 4.2.4 (a,b): Yaylarda denge noktası



Şekil 4.2.5 (a,b,c): Yaya kuvvet uygulanması

Yay bir kuvvetin etkisi ile denge noktasından uzaklaştırıldığında, tekrar eski konumuna dönme eğilimi gösterir. Esnek cisimlerin eski durum ya da konumlarına geri dönmesini sağlayan kuvvet, **geri çağırıcı kuvvet** ($\vec{F}$) olarak tanımlanır. Bu kuvvetin yönü daima denge noktasına doğrudur. Büyüklüğü esnek cisimdeki gerilme ya da sıkışma miktarı ve esneklik katsayısıyla doğru orantıdır.

Şekil 4.2.5 a'da dengedeki yayın ucuna bağlı tahta bir blok görülmektedir. Şekil 4.2.5 b'de ise tahta bloğa $\vec{F}$ kuvveti uygulanarak yay gerilmiş ve denge noktasından x kadar uzaklaştırılmıştır. Bu noktada blok serbest bırakıldığında, yay tarafından denge noktasına doğru çekilir. Yay, bloğu hareket ettirdiğine göre blok üzerinde iş yapmıştır. İş yapabilmesi gergin yayda enerji depolandığı anlamına gelir. Şekil 4.2.5 c'de tahta bloğa $\vec{F}$ kuvveti uygulanarak yay sıkıştırılmış ve denge noktasından x kadar uzaklaştırılmıştır. Blok bu noktada serbest bırakıldığında, yay tarafından denge noktasına doğru itilir. Bu durum sıkıştırılmış yayda enerji depolandığını göstermektedir.

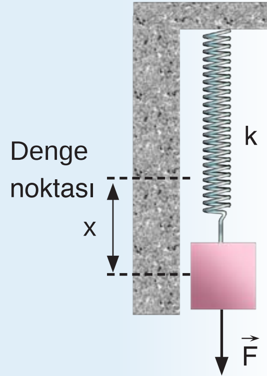
Yay gibi esnek cisimlerin sıkıştırılması veya gerilmesi durumunda cisimde depolanan bu enerjiye **esneklik potansiyel enerjisi** adı verilir. $PE_{esneklik}$ ile simgelenen bu enerjinin birimi J'dür. Yayın esneklik katsayısı k, yayın denge noktasına olan uzaklığı x olmak üzere esneklik potansiyel enerjinin matematiksel modeli

$$PE_{esneklik} = \frac{1}{2}kx^2$$

şeklindedir. Enerjinin büyüklüğü esneklik katsayısı ve denge noktasından olan uzaklığın karesi ile doğru orantılıdır.

ÖRNEK SORU

Yay sabiti k olan yay-kütle sistemine F kuvveti şekildeki gibi uygulanarak kütlenin denge noktasından x kadar uzaklaşması sağlanıyor.



Yayda depolanan esneklik potansiyel enerjinin büyüklüğü,

I. Yer çekimi ivmesi
II. Yay sabiti (k)
III. Cismin kütlesi
IV. Denge noktasından uzaklaşma miktarı (x)

niceliklerinden hangilerine bağlıdır?

ÇÖZÜM

Yaydaki uzama miktarı x, cismin ağırlığı ve uygulanan kuvvet toplamları ile orantılıdır. G=m.g olduğuna göre kütle ve yer çekimi ivmesi uygulanan kuvvet ile beraber uzama miktarını etkiler.

Yayda depolanan esneklik potansiyel enerjisi

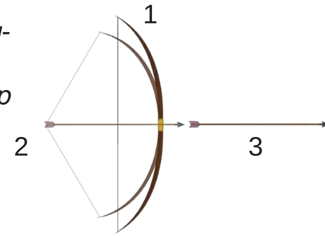
$$PE_{esneklik} = \frac{1}{2}kx^2$$

ifadesi ile bulunur. Potansiyel enerjinin büyüklüğü yay sabitine (k) ve denge konumundan ayrılma miktarına (x) bağlıdır.

Bu sebeple doğru cevap I, II, III ve IV olmalıdır.

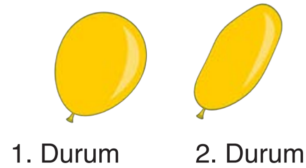
SIRA SİZDE 15

Şekilde gösterilen yay ve ok yerden belirli bir yükseklikte tutulmaktadır.
Buna göre yay ve okun 1, 2 ve 3 numaralı durumlarda sahip oldukları enerjiler nelerdir?



SIRA SİZDE 16

a) Şişirilmiş bir balonun enerjisi var mıdır?
b) 1. durumdaki gibi şişirilmiş balon 2. durumdaki gibi serbest bırakıldığında hangi enerjiye sahip olur?



MEKANİK ENERJİ



Görsel 4.2.5: Voleybol topuna vurmak üzere olan sporcu

Bir çekiç havaya kaldırıldığında çekiçte potansiyel enerji depolanır. Çiviye vurmak için indirilen çekiçte hem kinetik enerji hem de potansiyel enerji bulunur. Çekiç çivinin üzerine geldiği anda çivi üzerinde çekicin toplam enerjisi kadar bir enerjiyle iş yapılabilir. Yerdeki ince bir sopa ayakla kırılmak istenildiğinde, ayağın havaya kaldırılmasıyla ayağın depolanmış enerjisi artırılır. Ayak sopaya temas ettiğinde hem kinetik hem de potansiyel enerjiye sahiptir. Toplam enerji çubuğun kırılması sırasında işe dönüşür. Bir sporcu, olduğu yerde sıçradığında depolanmış enerjisi artar ve topa vururken kollarında hem potansiyel hem de kinetik enerji bulunur (Görsel 4.2.5). Topa vurduğu anda top üzerinde iş yapmış olur.

Bir cismin üzerinde iş yapılırken kullanılan kinetik ve potansiyel enerjilerin toplamı mekanik enerji olarak adlandırılmaktadır. Mekanik enerji $E_{mekanik}$ olmak üzere mekanik enerjinin matematiksel modeli,

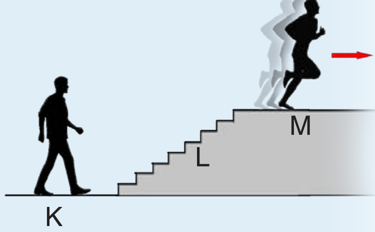
$$E_{mekanik}=KE+PE$$

şeklindedir.

Bir cismin ya da sistemin yalnızca kinetik ya da yalnızca potansiyel enerjisi olabileceği gibi, her ikisi de olabilir. Örneğin seyir halindeki bir uçağın hem kinetik hem de potansiyel enerjisi vardır. Dağ tırmanışı yapan sporcular hareket ettikleri için kinetik enerjiye ve tırmanışa başladıkları nokta referans noktası kabul edildiğinde de potansiyel enerjiye sahiptir.

ÖRNEK SORU

K noktasında durmakta olan bir öğrenci merdivenleri sabit hızla çıkarak M noktasına ulaşıyor.



Buna göre K, L ve M noktalarındaki mekanik enerjisi E_K, E_L ve E_M olmak üzere mekanik enerjiler arasındaki büyüklük ilişkisi nedir?

ÇÖZÜM

K noktasından harekete geçen öğrencinin K noktasında kinetik ve potansiyel enerjisi yoktur.
L noktasına ulaşan öğrencinin hem kinetik hem potansiyel enerjisi vardır.
Öğrenci M noktasına ulaştığında da L noktasındaki kinetik enerjisine eşit kinetik enerjisi ve L noktasındaki potansiyel enerjisinden daha büyük bir potansiyel enerjisi vardır.
Mekanik enerji kinetik ve potansiyel enerjilerin toplamı olduğuna göre aralarındaki ilişki $E_M>E_L>E_K$ olur.

SIRA SİZDE 17

Aşağıda bazı kişilerin ve hayvanların eylem durumları verilmiştir.

I. Bitiş çizgisine yaklaştıkça hızlanan bir koşucu
II. Seyahat balonuyla, sabit hızla yükselen bir rehber
III. Ağaca sabit hızla tırmanan bir çocuk
IV. Uyuklayan bir kedi
Buna göre hangilerinin mekanik enerjisi artmaktadır?

ENERJİNİN KORUNUMU VE ENERJİ DÖNÜŞÜMLERİ

4.3



NASA'nın Dawn (Davn) adı verilen uzay aracı, Asteroit Vesta ve cüce gezegen Ceres'i gözlemlemek üzere 2007 yılında uzaya gönderildi. Bu uzay aracında kimyasal roket motoru yerine elektrikli itici kullanıldı. Plazma roketi adı ile de bilinen elektrikli iticiler kullanılmasaydı Dawn'ın iki gök cismine birden gitmesi mümkün olmayacaktı. Kimyasal yakıtlı motorlarda kullanılan yakıttaki kimyasal enerji, yanma odasında kinetik enerjiye çevrilir. Yüksek sıcaklıkta basınçlı gazlar oluşur ve bu gazlar bir lüle yardımıyla egzoz gazı olarak atılır. Kimyasal motorlarda oluşan bu egzoz gazı yaklaşık 4 km/h süratine ulaşabilir. Newton'ın üçüncü kanununa göre egzozdan çıkan gazın oluşturduğu etkiye uzay gemisinin verdiği tepki neticesinde uzay aracı hareket eder. Etki-Tepki İlkesi ve egzoz gazının sürati göz önüne alındığında büyük miktarda yakıt kullanmak gerekliliği ortaya çıkar. Örneğin kimyasal motor kullanılan 5 tonluk bir iletişim uydusunun 3 tonu yakıttır. Aynı uyduda elektrikli itici kullanılarak yakıt kütlesi 300 kg düşürülebilirdi. Bu sebeple Dawn uzay aracında kimyasal motor yerine elektrikli iticiler tercih edildi. Elektrikli iticiler, güneş panelleri ya da nükleer reaktörler aracılığıyla elde ettikleri elektrik enerjisini kullanarak elektrik ve manyetik alanda plazma hâlindeki maddeyi çok yüksek hızlarda dışarı atar. Bu şekilde Etki-Tepki İlkesi'ni kullanarak ilerler. Bu atış hızı (egzoz hızı) yaklaşık 50 km/h'dir.

Hızla giden bir arabanın sürücüsü aniden frene bastığında yerde neden siyah lastik izleri oluşur?
Yere hızlıca çarptırılarak sıçraması sağlanan top neden bir süre sonra durur?
Kaplumbağa, karınca, ayı gibi bazı canlılar neden kış uykusuna yatarlar?

Bu soruların ve konuyla ilgili akla gelebilecek diğer soruların cevaplarına ünitenin bu bölümünde yer verilecektir. Enerji korunumu ve dönüşümü incelenerek günlük aktivitelerde harcanan enerji ile besinlerden kazanılan enerji karşılaştırılacaktır.

Bu Bölümde Öğrenilecek Kavram ve Terimler

Enerji korunumu
Enerji dönüşümü

4.3.1 ENERJİNİN KORUNUMU



Görsel 4.3.1: Lastik izleri

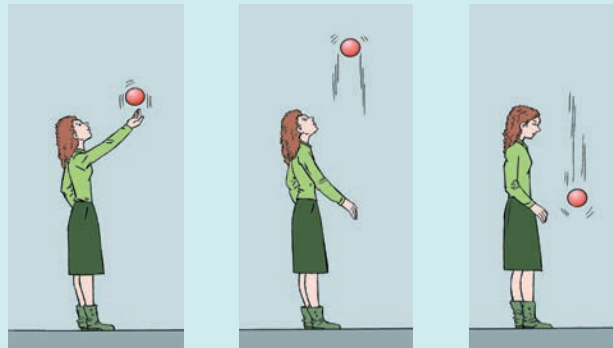
Frenler, kinetik enerjiyi ısı enerjisine çeviren, bir çeşit enerji değişim düzenekleridir. Asfalt yollarda karşılaşılabilecek lastik izleri (Görsel 4.3.1), sert frenlemeden kaynaklanır. Bu izler sürüş hâlindeki bir aracın sürücüsünün aniden karşılaştığı bir durum üzerine frene sertçe basması sonucunda oluşur. Frenleme ile tekerlekler kilitlenir, tekerlekler ile yol arasındaki sürtünme kuvveti artar ve sürtünme nedeniyle aracın kinetik enerjisinin bir kısmı ısı enerjisine dönüşür. Tekerleklerin aşırı ısınması sonucu lastiğin dış yüzeyinde bir miktar erime olur ve olay sırasında asfalta yapışarak siyah iz bırakır. Frenleme esnasında bir kaza olursa lastik izlerinin şekli ve uzunluğu, aracın ne şekilde savrulduğu ve süratinin ne olduğu hakkında uzmanlara fikir verir.



Görsel 4.3.2: Kemençe çalan adam

Bir kemençe ustası, kemençe yayını hareket ettirerek ona bir kinetik enerji kazandırır. Ustanın yayı kemençe tellerine sürtmesi sırasında (Görsel 4.3.2) ses açığa çıkar. Sürtünme nedeniyle kemençe telleri ve yay ısınır. Bu sırada enerjinin büyük çoğunluğu ses enerjisine dönüşür.

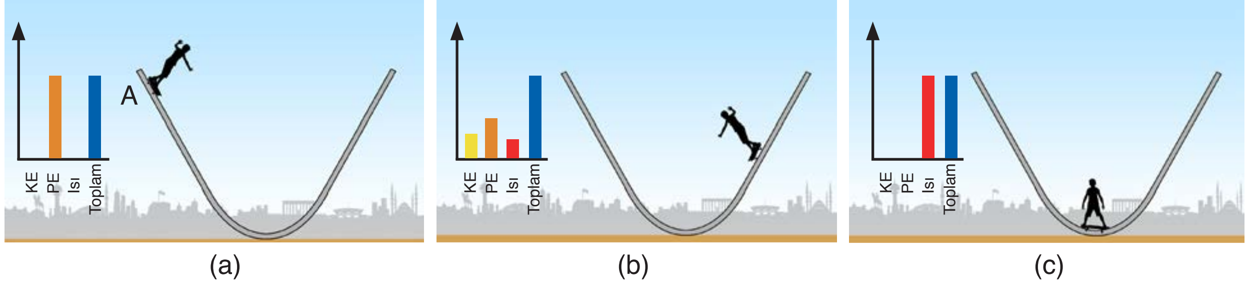
Şekil 4.3.1'deki öğrencinin topu yukarıya hızlıca atması sırasında topun kinetik enerjisi giderek potansiyel enerjiye dönüşür. Topun hızı bir an sıfır olur ve aşağı doğru düşmeye başlar. Düşmeye başladığı anda da potansiyel enerjisi giderek kinetik enerjiye dönüşür. Topun yukarı çıkışı ve aşağı inişi sırasında hava molekülleri ile sürtünmesinden kaynaklı olarak hem top hem de hava molekülleri ısınır. Öğrenci topu tutmazsa top yere çarpar ve ses çıkar. Yerden seken top tekrar yukarı yükselir. Bu sefer, çıkabildiği ilk yüksekliğe ulaşamaz. Çünkü enerjisinin bir bölümü ısı ve sese dönüşmüştür. Bu hareket devam ederse zıplama ve düşüş sırasında hava molekülleri, top ve yer sürekli ısınır ve yere her çarpışında ses çıkar. Bir süre sonra topun yerde kalmasının sebebi, başlangıçta sahip olduğu kinetik enerjisinin diğer enerjilere dönüşmüş olmasıdır.



Şekil 4.3.1: Havaya atılan topun hareketi

Enerji hiçbir zaman yoktan var ya da vardan yok olmaz ancak verilen örneklerde olduğu gibi bir tür enerjiden diğerine dönüşebilir. Bu duruma yönelik bir başka örnek kaykaycının hareketi üzerinde verilmiştir.

Şekil 4.3.2'de sürtünmeli zeminde kayan bir kaykaycının hareketi süresince enerjisindeki değişim gösterilmiştir.



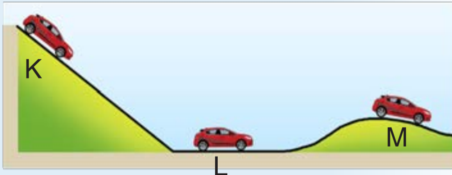
Şekil 4.3.2 (a,b,c): Kaykaycının enerjisindeki değişim

A noktasından ilk hızsız harekete başlayan kaykaycının bu noktadaki toplam enerjisi, kinetik ve potansiyel enerjisinin toplamıdır (Şekil 4.3.2 a). Kaykaycının A noktasındaki kinetik enerjisi sıfırdır. Şekil 4.3.2 b'deki diyagramdan toplam enerjinin değişmediği ve ısı enerjisinin oluştuğu görülmektedir. Kaykaycının bir süre sonra durmasının (Şekil 4.3.2 c) sebebi, yol boyunca etki eden sürtünme kuvvetidir. Enerji diyagramından görüleceği üzere başlangıçtaki toplam enerji artık sadece ısı enerjisine dönüşmüştür.

Verilen linkteki simülasyonu izleyerek enerji değişimini inceleyiniz.

ÖRNEK SORU

Şekilde oyuncak araba düzeneği üzerinde bazı noktalar gösterilmiştir.



Sürtünmelerin ve hava direncinin ihmal edilmediği bir ortamda K noktasından serbest bırakılan araba L ve M noktalarından geçmektedir. Arabanın K, L ve M noktalarındaki toplam enerjisi sırasıyla E_K, E_L ve E_M olduğuna göre, enerjisinin büyüklükleri arasındaki ilişki nedir?

ÇÖZÜM

Araba K noktasındayken bulunduğu yükseklikten dolayı yer çekimi potansiyel enerjisine sahiptir. Başlangıçta durmakta olan arabanın o noktadaki kinetik enerjisi sıfırdır. Toplam enerjisi, yer çekimi potansiyel enerjisine eşittir.

L noktasına gelen arabanın yalnızca kinetik enerjisi vardır. K noktasındaki enerjisinin bir bölümünü yolda sürtünmeler nedeniyle kaybettiği için, bu noktadaki toplam enerjisi K'dekinden daha küçük olur.

Hareketine devam eden araba sürekli enerji kaybedeceği için M noktasındaki toplam enerjisi, diğer noktalardaki enerjisinden daha küçük olur. Buna göre enerjiler arasındaki ilişki

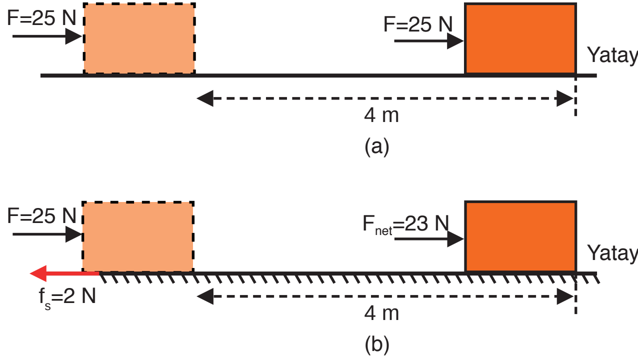
$E_K > E_L > E_M$ şeklindedir.

SIRA SİZDE 18

v büyüklüğünde hızla ilerleyen bir tenis topu rakete çarptıktan sonra v/2 büyüklüğünde hızla geri dönüyor. Bu süreçte gerçekleşen enerji dönüşümleri nelerdir?

Yapılan işin tamamı enerjiye dönüşür mü?

Enerji yoktan var ve vardan yok olamaz ancak bir enerji türünden başka bir enerji türüne dönüşebilir. Dönüşüm sırasında sistemin toplam enerjisi korunur. Buna **Enerjinin Korunumu Yasası** adı verilir.



Şekil 4.3.3 (a): Sürtünmesiz yüzeyde yapılan iş
Şekil 4.3.3 (b): Sürtünmeli yüzeyde yapılan iş

Günlük hayatta sürtünmenin olmadığı bir sistem yoktur. Bu nedenle bir cisim üzerinde harcanan enerjinin tamamı işe dönüştürülemez.

Şekil 4.3.3 a'daki sistem sürtünmesizdir. Cisme, yatay zemine paralel 25 N'lık kuvvet etkisiyle 4 m yol aldırıldığında, cisim üzerinde yapılan iş 100 J olur. Yapılan iş kadar cisme enerji aktarılır ve 4 m'lik yolun sonunda cisim 100 J kinetik enerji kazanır. Şekil 4.3.3 b'deki sistemde ise cisme 2 N'lık sabit bir sürtünme kuvveti etkimektedir. Cisim 4 m itildiğinde $\vec{F}$ kuvvetinin yaptığı iş yine 100 J olurken, sürtünme kuvvetinin yaptığı iş 8 J olur. Bu nedenle cisim üzerinde yapılan net iş 92 J'e düşer. Cismin yol sonunda kazanacağı enerji de 92 J olur. Özetle $\vec{F}$ kuvvetinin yaptığı iş kadar enerji, cisme aktarılamamıştır. 8 J'lük enerji sürtünme nedeni ile ısıya dönüşmüştür.

Verilen örneklerden görüleceği üzere bir enerji türü başka bir enerji türüne dönüşebilir. Örneğin pillerdeki kimyasal enerji, barajlardaki suyun potansiyel enerjisi, rüzgâr enerjisi ya da güneş enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılmaktadır. Elektrikli cihazlarda ise elektrik enerjisi ısı, ışık ve sese dönüştürülmektedir.

ÖRNEK SORU

Bir traktör saman balyalarını 5000 N'lık kuvvetle 200 m boyunca şekildeki gibi çekiyor.



Saman balyalarıyla zemin arasında sabit 2000 N şiddetinde sürtünme kuvveti olduğuna göre 200 m sonunda saman balyalarının enerjisi kaç J olur?

ÇÖZÜM

Traktörün saman balyası üzerinde yaptığı net iş bulunduğunda balyanın kazanacağı enerji de bulunmuş olur.

F_{net}=5000-2000
=3000 N

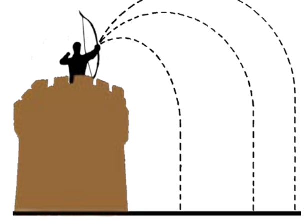
W_{net}= F_{net}.x
=3000.200

W_{net}=600000 J

Bulunan bu net iş balyanın kazandığı enerjiye eşittir.

SIRA SİZDE 19

Kaledeki okçunun okunu, duruş açısını değiştirmeden, daha yükseğe gönderebilmesi,
I. Okçunun yay üzerinde yaptığı iş
II. Hava direnci
III. Yayın havada çıkardığı ses
IV. Yayın esnekliği
V. Yayı germe miktarı
niceliklerinden hangilerine bağlıdır?



CANLILAR VE ENERJİ

Canlıların hayatta kalmak, büyümek, gelişmek ve hareket etmek (Görsel 4.3.3) için enerjiye ihtiyaçları vardır. Bitkiler fotosentez yaparak (Görsel 4.3.4) besin ve oksijen üretir. Ürettikleri besin ve oksijenin bir bölümünü yaşamak için kullanır. İnsanlar ve hayvanlar ise besinlerini dışarıdan alarak oksijenli solunum yoluyla enerji üretirler.

Bir insanın beyni, kalbi, akciğerleri gibi bütün organlarının çalışması, hücrelerinin yenilenmesi için enerjiye ihtiyacı vardır. Bu ihtiyacın miktarı insanın yaşına, kilosuna, cinsiyetine, aktiflik durumuna, aldığı oksijen miktarına ve mevsimlere göre değişebilmektedir. Bir insanın canlılığını sürdürmesi için gereksinim duyduğu minimum enerji miktarına **bazal metabolizma hızı** denilmektedir.

İnsanlar düşünmek, ders çalışmak (Görsel 4.3.5), iş yerinde işlerini yapmak, yürümek, koşmak, bisiklete binmek, top oynamak, merdiven çıkıp inmek gibi faaliyetler için bazal metabolizma hızlarından daha fazla enerjiye ihtiyaç duyarlar. Bunun için ya daha fazla yemeleri ya da daha yüksek enerjili (yüksek kalorili) besinler tüketmeleri gerekir.

İnsanların enerji ihtiyaçlarını karşılarken dikkat etmeleri gereken nokta gerektiği kadar enerji almalarıdır. Gereken miktardan az alınan enerji hâlsizliğe, yorgunluğa ve hastalıklara neden olabilir. Fazla alınan enerji ise vücutta depolanarak kilo alımına, daha ileriki zamanlarda da obeziteye sebep olabilir.


Görsel 4.3.3: Koşan gençler


Görsel 4.3.4: Filizlenen bitki


Görsel 4.3.5: Ders çalışan öğrenci


Görsel 4.3.6: Çeşitli besinler

Besinlerden alınan enerji vücudun ihtiyacı kadarsa enerji dengesi sağlanmış olur. Vücudun enerji dengesi sağlanırken çeşitli besin gruplarından (Görsel 4.3.6) da faydalanmak gerektiğine dikkat edilmelidir. Yenilen ya da içilen besinlerden vücudun günlük ihtiyacı kadar karbonhidrat, protein, yağ, vitamin ve minerallerin alınmasına özen gösterilmelidir. Bu besin gruplarından herhangi birinin fazla ya da daha az alınması insan sağlığının bozulmasına sebep olur. Bir insan günlük enerji ihtiyacını karşılamak için besin gruplarını yeterli miktarda tüketirse dengeli ve düzenli bir yaşam sürdürür.

Besinlerden elde edilen enerjinin birimi joule ile ifade edildiği gibi kalori ile de ifade edilmektedir. Yeme ya da içme yoluyla vücuda alınan besinlerden sindirim sisteminde işlendikten sonra elde edilen enerji **kalori (cal)** birimi ile ifade edilir. Bu nedenle paketlenmiş besinlerin üzerinde verilen enerji birimi genellikle kalori cinsindendir.

SIRA SİZDE 20

Orta yaşta, sağlıklı, 170 cm boyunda ve 60 kg kütleli bir erkeğin bazal metabolizma hızı yaklaşık 1600 cal, aynı boyutlarda bir kadının bazal metabolizma hızı ise 1400 cal'dir. Gençlerde metabolizma hızı nispeten daha yüksektir. Aşağıda bazı günlük aktivitelerde harcanan ve besinlerden alınabilecek enerji miktarlarının yer aldığı tablolar verilmiştir.

Tablo 1

(Bu tabloda yer alan değerler 60 kg kütleye sahip bireyler için ortalama olarak hesaplanan değerlerdir.)

Günlük Aktiviteler	Bir Saatte Kullanılan Enerji Miktarı (kalori)
Uyumak	72
Ayakta durmak	72
Bilgisayarda yazı yazmak	84
Tempolu yürümek	420
Koşmak	468
Futbol oynamak	468
Gıda alışverişi yapmak	144
Televizyon izlemek	78
Oturarak yemek yemek	84
Merdiven inip çıkmak	468
Tepe tırmanışı (5 kg yükle)	462
Temizlik yapmak	216
Yazı yazmak (elle)	108
Orta şiddette aerobik	354

Tablo 2

(Bu tabloda yer alan değerler ortalama değerlerdir.)

Yiyecekler	Yiyeceklerin İçerdiği Enerji Miktarı (kalori)
Sıvı yağ (28 g)	130
Kıyma (100 g-orta yağlı)	170
Beyaz peynir (100 g)	275
Yumurta (1 adet)	80
Mercimek (kuru-100 g)	314
Bulgur (100 g)	371
Tam buğday ekmek (28 g-1 dilim)	60
Kuru soğan (100 g)	35
Domates (1 adet)	14
Fasulye (100 g)	90
Marul (100 g)	15
Çilek (100 g)	26
Elma (1 adet-küçük)	60
Karpuz (100 g)	19

Tablolara göre,

1. *Gün içinde yaptığınız aktiviteleri sıralayarak günlük enerji ihtiyacınızı hesaplayınız.*
2. *Günlük enerji ihtiyacınızı karşılamak için nasıl bir sabah, öğle ve akşam menüsü hazırlarsınız?*

VERİM

4.4

Bu Bölümde Öğrenilecek Anahtar Kavramlar

Verim



Her geçen gün enerjinin verimli kullanılması daha fazla önem kazanmaktadır. Sanayiye, sanayinin dallarından biri olan otomotiv sektörüne ve aydınlatma sistemlerine getirilmiş olan bazı ölçütler, ev aletlerine de getirilmiştir. Buzdolabı, çamaşır makinesi, fırın, elektrik süpürgesi ve klima gibi elektrikli aletlerin üzerindeki enerji verimlilik etiketi, cihazın verimliliği hakkında tüketiciye bilgi vermektedir. Bu etiketlerde, elektrikli aletin enerji verimliliği A, B, C gibi harflerle gösterilmektedir. Etiketinde A harfi bulunan cihazların ortalama enerji tüketimi diğer cihazlara göre %45 daha azdır. A harfiyle etiketlenen cihazlar da kendi içerisinde A+, A++, A+++ şeklinde sınıflandırılmıştır. A harfinin yanındaki + işaretinin artması o cihazın enerji verimliliğinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Teknoloji ilerledikçe cihazların içinde kullanılan elektronik malzemelerin gelişmesi, cihaza yüklenen yazılımın ve cihazda kullanılan yalıtım malzemelerinin iyileştirilmesi cihazların enerji verimliliğini arttırmaktadır.

Enerji harcamaksızın sonsuza kadar çalışabilecek bir makine yapmak mümkün müdür?

Makinelerde yer alan bazı parçaların yağlanmasının verimi artırmaya etkisi nedir?

Eko-verimlilik nedir?

Bu soruların ve konuyla ilgili akla gelebilecek diğer soruların cevaplarına ünitenin bu bölümünde yer verilecektir. Verim kavramı ve enerji tasarrufu arasındaki ilişki incelenecek ve tarihsel süreçte tasarlanmış olan verim arttırıcı sistemlerin çalışma prensiplerine değinilecektir.

4.4.1 VERİM KAVRAMI

Sanayide ve günlük hayatta kullanılan bütün sistemler Enerji Korunumu Yasası ve enerji dönüşümleri göz önüne alınarak tasarlanmakta ve üretilmektedir. Basit makinelerden mekanik ve elektronik sistemlere kadar üretilen bütün araç-gereç ve makinelerin yapımında enerjinin nasıl daha verimli kullanabileceği araştırılmaktadır. Bir sistemin sahip olduğu enerji o sistemin iş yapabilme yeteneğidir. Sistemlerin enerjisinin bir bölümü sürtünme ve hava direnci gibi sebeplerden dolayı ısı ve ses gibi başka enerjilere dönüşmekte, harcanan enerjinin tamamı işe dönüşememektedir. İstenmeyen bu durum verimliliği azaltmaktadır.

Bir sistemde yapılan işin o sistemde harcanan enerjiye oranına **verim** denir. Bu oranın matematiksel modeli

$$\text{Verim} = \frac{\text{Yapılan iş}}{\text{Harcanan enerji}}$$

şeklindedir. Modelde geçen "yapılan iş" ifadesi, hedeflenen iş ile ilgilidir. Örneğin akkor (flamanlı) ampuller yaklaşık %10 verimle çalışır. Ampul üzerinde harcanan enerjinin yalnızca %10'u ile aydınlatma sağlanır. Enerjinin geri kalan kısmı ise ısı gibi hedeflenmeyen enerjiye dönüşmektedir. Bu nedenle akkor lambaların verimi oldukça düşüktür. Verimin arttırılması için sistemlerdeki enerji kayıplarının aza indirilmesi gerekmektedir.

Üretim miktarını ve kaliteyi düşürmeden harcanan enerji miktarının azaltılması, enerji atık maddelerinin geri dönüşümünün sağlanması, daha verimli enerji kaynaklarının kullanılması **enerji verimliliği** olarak tanımlanmaktadır. Tanımda geçen "harcanan enerji miktarının azaltılması" ile enerji tasarrufundan bahsedilmektedir.

Bireysel ve toplumsal olarak verimliliği artırmaya yönelik alınabilecek en basit ve en önemli tedbir, tasarruf yapmaktır. Ev ve iş yerlerinde, sanayide, ulaşımda enerji tasarrufu yapılabilir. Enerji verimliliğinin nasıl artırılabileceğine yönelik bazı öneriler aşağıda verilmiştir.



Görsel 4.4.1: Bina yalıtımı

- Binalarda ısı yalıtımı yapmak (Görsel 4.4.1), bina giriş kapılarını kapalı tutmak, bina aydınlatmalarında harekete duyarlı sensörler kullanmak gibi önlemlerle enerji tasarrufuna katkıda bulunulabilir.
- Çamaşır makinesinin tam dolu çalıştırılması ya da az miktarda çamaşır varsa makinenin az su almasının sağlanması, fırında pişirme yapılırken kapağının sıkça açılmaması, elektrikli su

ısıtıcılarında ihtiyaç kadar suyun ısıtılması, lambaların gereksiz yere açık bırakılmaması, aydınlatmada olabildiğince gün ışığından faydalanılması, tasarruflu ampullerin kullanılması, radyatörlerin önüne mobilya konulmaması, kış aylarında evi havalandırma işleminin çok uzun süre yapılmaması ile tüketilen enerji miktarı azaltılabilir.

- Tüm gün çalışılan işletmelerde daha az kullanılan bölümlerdeki iklimlendirmenin ayarlanması, enerji verimliliği yüksek motorların kullanılması, kullanılan makinelerin uygun yağlar kullanılarak yağlanması ile sürtünmeden kaynaklanacak enerji kayıplarının azaltılması ve makinelerin zarar görmesinin engellenmesi ile verim artırılmış, daha az enerji harcanmış olur.
- Ulaşımda kullanılan araçların periyodik bakım ve onarımları ile egzoz gazı ölçümlerinin yapılması, lastik basınçlarının ölçülmesi, uygun motor yağının kullanılması yakıt tüketimini düşürür.



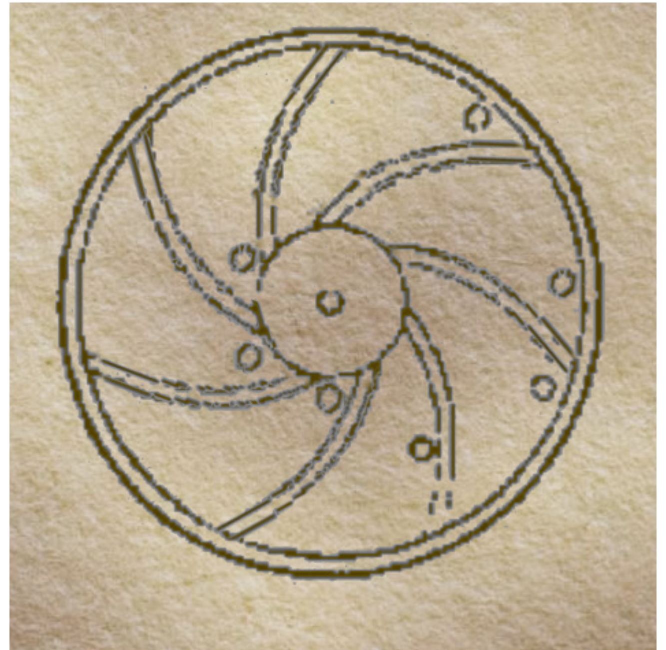
Görsel 4.4.2: Yaşam döngüsü sembolü

Enerji verimliliğinin artırılması çalışmaları sırasında eko-verimlilik (temiz üretim) kavramıyla da karşılaşılmaktadır. **Eko-verimlilik**, yüksek verimli üretim teknolojileri ve yöntemleri kullanılarak daha az atık meydana getirilmesi ve enerji üretiminde daha az doğal kaynak kullanılması anlamına gelmektedir. Eko-verimlilik kirlilik kontrolünü değil, kirliliği önleyici bir yaklaşımı esas alır. Bu yaklaşım **yaşam döngüsü yaklaşımı** (Görsel 4.4.2) olarak da ifade edilmektedir.

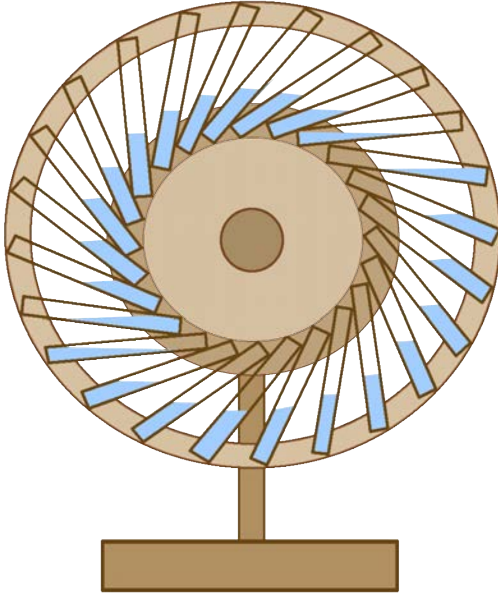
Kirliliği önleyici bu yaklaşımda doğal kaynakların en elverişli şekilde kullanılması, hammaddenin ve enerjinin oldukça az kullanılıp daha az atık oluşturulması hedeflenmektedir. Bu yaklaşımda, ilgili teknolojilerin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi çalışmaları da bulunmaktadır. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı bünyesindeki Verimlilik Genel Müdürlüğü ile T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı bünyesinde kirliliği önlemeye yönelik çeşitli çalışmalar, projeler ve kampanyalar yürütülmektedir.

Enerji verimliliğinin artırılması, insanlığın enerjiyi fark edip kullandığı günden bugüne merak ettiği ve araştırdığı bir alan olmuştur. Bilim insanları devridaim makineleri adı verilen, sonsuza kadar, enerjisi hiç bitmeden, sürekli enerji üreten ve sürekli iş yapan makineleri icat etmek için asırlar boyunca uğraşmışlardır.

Bilinen ilk örneklerden biri, bir kez çevrildikten sonra durmadan çalışacağı düşünülen tekerlektir (Görsel 4.4.3). Tekerleğin içindeki panellerin arasına bilyeler yerleştirilmiş ve dönüş sırasında hareket eden bu bilyelerin, ağırlıkları sayesinde tekerleği sonsuza kadar döndüreceği düşünülmüştür. Bu tekerlekte bilyelerin



Görsel 4.4.3: Devridaim tasarımı



Görsel 4.4.4: Çark şeklinde devridaim tasarımı

maruz kalacağı sürtünme kuvvetinin etkisi göz ardı edilmiş, hedefe ulaşılamamıştır.

Görsel 4.4.4'te görülen tasarım ise bir çarkın döndürülmesiyle kanalların içindeki sıvının hareketinin sonsuza kadar süreceği düşüncesiyle yapılmıştır. Ancak sistemdeki sürtünme, sıvılardaki buharlaşma ve kılcallık gibi etkenler, makinenin bir süre sonra durmasına sebep olur.

Volta'nın pili icat etmesiyle piller ve dinamolarla sonsuza kadar enerji üretilebileceği düşünülmüş, kısa süre sonra böyle olmayacağı anlaşılmıştır.

Enerji korunumunu ifade eden Termodinamiğin Birinci Yasası 1800'lü yılların ortalarında ortaya konulur ve sürtünme olduğu müddetçe bir devridaim makinesinin yapılamayacağı anlaşılır.

Enerji kaybı olmadan çalışacağı düşünülen motorlara mükemmel motor denir. Mükemmel motor tasarımı termodinamik yasalarına göre henüz mümkün değildir.

SIRA SİZDE 21

Arabaların motorlarına koyulan motor yağları çeşitli kimyasal bileşiklerle hazırlanır. Bu yağlar motorun aşırı ısınmasını, hareketli parçaların aşınmasını ve motorda oluşabilecek çeşitli hasarları engelleyicidir.
Buna göre çeşitli kimyasallarla zenginleştirilmiş motor yağlarının arabanın verimini artırmakta nasıl bir işlevi vardır?

SIRA SİZDE 22

Evde ve okulda eko-verimliliği sağlamak için yapılabilecek işlemler nelerdir?



Araştırınız

Verimini arttırmak istediğiniz bir sistem hakkında araştırma yapınız. Sistemin verimini arttırmaya yönelik önerilerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

ENERJİ KAYNAKLARI

4.5



Dünya'da yaşayan tüm canlıların en önemli enerji kaynağı Güneş'tir. Güneş'ten, doğrudan yararlanıldığı gibi dolaylı yollardan da yararlanılmaktadır. Bitkilerde fotosentez sırasında, insanlarda kemiklerdeki D vitaminin aktif hâle geçmesi sürecinde, ısınmada veya çamaşırların kurutulmasında Güneş ışınlarından doğrudan yararlanılmaktadır. Güneş'ten dolaylı yollardan yararlanmaya örnek olarak Güneş pilleri ile elektrik enerjisi üretimi verilebilir.

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte; güneş enerjisinden daha fazla yararlanabilmek için çeşitli yöntemler ve teknolojiler geliştirilmektedir. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisinin kullanıldığı CSP (Konsantre Güneş Enerjisi) teknolojisi verilebilecek örneklerden birisidir. Bir CSP sisteminin temelinde Güneş izleme sistemleri, oluk şeklinde birleştirilen parabolik aynalar ve aynaların odak noktasında bulunan içi su dolu tüpler bulunmaktadır. Parabolik aynalarla odaklanan Güneş ışınları, oluktaki suyu ısıtır. Isınan su buharlaşır. Buhar, beklenilen sıcaklık ve basınca ulaştığında buhar türbinine gönderilir ve elektrik enerjisi elde edilir. Bu yolla elektrik elde edilmesi temiz üretime iyi bir örnektir.

Güneşin enerji kaynağı olan hidrojenden yakıt pili yapılabilir mi?
Rüzgârgülleri canlı hayatına risk oluşturur mu?
Sörf yapan sporcular dalga enerjisini nasıl kullanırlar?

Bu soruların ve konuyla ilgili akla gelebilecek diğer soruların cevaplarına ünitenin bu bölümünde yer verilecektir. Ayrıca yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynaklarının özellikleri incelenecektir. Bu kaynakların birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları; maliyet, erişilebilirlik, üretim kolaylığı, toplum, teknoloji ve çevresel etkisi göz önüne alınarak değerlendirilecektir.

Bu Bölümde Öğrenilecek Anahtar Kavramlar

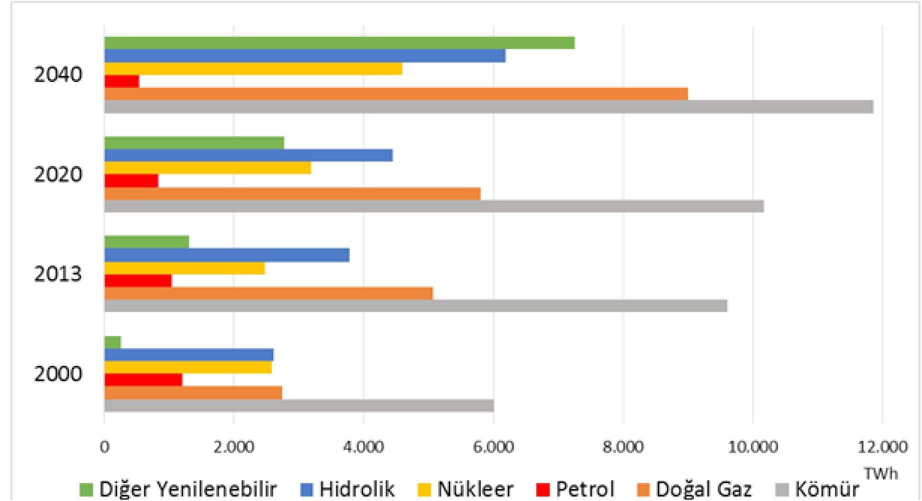
Yenilenebilir enerji
Yenilenemez enerji

4.5.1 YENİLENEMEZ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Yaşamın her alanında enerjiye ihtiyaç vardır. Artan dünya nüfusu, ihtiyaçlar ve gelişen teknoloji nedeniyle enerji ihtiyacı her geçen gün daha da artmaktadır. Kaynakların tükenme tehlikesi, çeşitli çevre sorunları ve daha verimli enerji üretimi çabaları alternatif enerji kaynaklarının arayışını hızlandırmıştır.

Kömür, petrol, doğal gaz gibi kullanıldıkça tükenen ve kısa zamanda yeniden oluşamayan enerji kaynaklarına **yenilenemez enerji kaynakları** adı verilir. Son yüzyılın en çok kullanılan enerji kaynakları fosil yakıtlardır. Mineral yakıtlar da denilen fosil yakıtlar, bitki ve hayvan kalıntılarının milyonlarca yıl kaya katmanları arasında sıkışması ya da bu katmanların altında birikmesi sonucunda oluşurlar. Oluşması binlerce yıl süren fosil yakıtlar hızla tükenmektedir.

Dünya üzerinde en çok rezerve sahip olan enerji kaynağı kömürdür (Grafik 4.5.1). Yapılan araştırmalarla öngörülen senaryolara göre artan elektrik ihtiyacının karşılanmasında en çok ihtiyaç duyulan enerji kaynağı da kömür olacaktır. Kömürü doğal gaz takip etmektedir. Petrolün elektrik üretimindeki payının hızla düşmesine bakılarak petrolün daha hızlı tükendiği yorumu yapılabilir. Yine Grafik 4.5.1'e göre elektrik üretimindeki payını en çok arttıran enerji kaynağının yenilenebilir enerji kaynağı olduğu görülür.

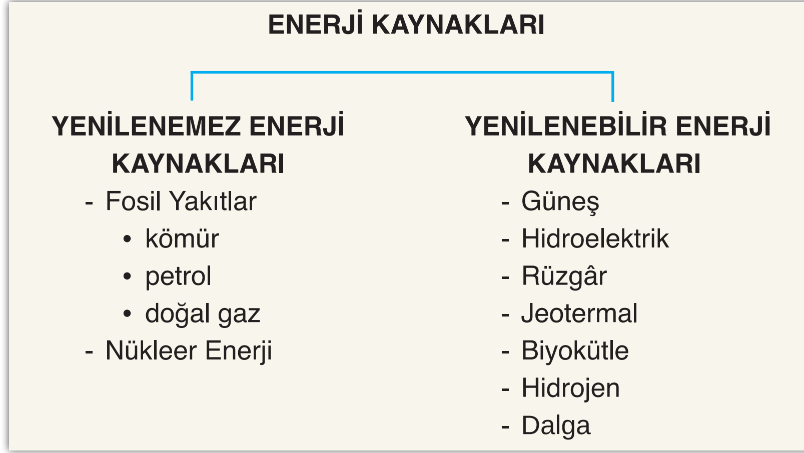


Grafik 4.5.1: Dünya Elektrik Üretiminde Enerji Kaynaklarının Payları (2000-2040)

Kullanıldıkça tükenmeyen, sürekli ve tekrar kullanılabilen kaynaklara **yenilenebilir enerji kaynakları** denir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına verilebilecek en iyi örnek Güneş ve rüzgârdır. Yenilenebilir enerji kaynakları, sürdürülebilir enerji ve temiz üretimin başrolündedir. Sürdürülebilir enerji, gelecekte ihtiyaç duyulacak enerjinin üretileceği kaynakları tüketmeden bugünün ihtiyacını karşılamak ve bugünkü enerji kaynaklarının yeter miktarda ve erişilebilir olmasını sağlamaktır. Kısa süre önce kişi başına düşen enerji tüketim miktarı gelişmişlik göstergesiyken bugün bu bakış değişmiştir. Daha az enerjiden daha çok üretim gerçekleştirilmesi gelişmişlik göstergesi hâline gelmiştir. Enerji tasarrufu yapmanın önemi gün geçtikçe daha

çok anlaşılarak medeni toplumların en büyük özelliklerinden birinin de enerji tasarrufu yapmak olduğu fark edilmiştir.

Yenilenemez ve yenilenebilir enerji kaynakları aşağıda verilmiştir.

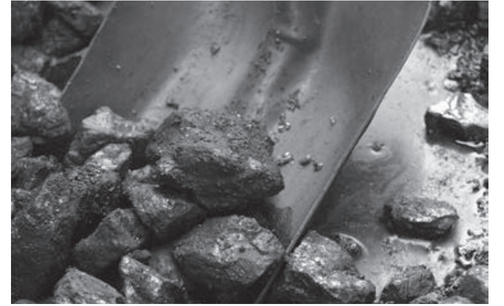


YENİLENEMEZ ENERJİ KAYNAKLARI

Yenilenemez enerji kaynakları hızla tükenen ve çevre kirliliğine sebep olan kaynaklardır. Sürdürülebilir kalkınmanın öneminin daha iyi anlaşılması ve teknolojinin ilerlemesi ile bu kaynakların çevre kirliliğine olan olumsuz etkilerini gidermeye yarayacak ek önlemler alınmaya başlanmıştır. Atıkların ayrıştırılması, depolanması, karbon salınımını azaltacak tedbirlerin alınması, baca filtreleme sistemlerinin geliştirilmesi, iletim hatlarındaki kayıpların önlenmesi bu tedbirlerden bazılarıdır.

Yenilenemez enerji kaynaklarının kullanımı ve bu kaynaklara erişilmesi yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha kolay olduğu için bugün hâlâ en çok tercih edilen enerji kaynaklarıdır.

Yenilenemez enerji kaynakları kömür, petrol, doğal gaz gibi fosil yakıtlar ve nükleer enerjidir.



Görsel 4.5.1: Kömür



Görsel 4.5.2: Petrol rafinerisi

Kömür Enerjisi: Karbon, hidrojen ve oksijen elementlerinin bileşiminden oluşan kömür (Görsel 4.5.1), yanıcı bir kayaç türüdür.

Bitkilerin ve hayvan atık-kalıntılarının bataklık alanlarda birikmesi, süreç içinde bu birikintilerin üzerinde tabakaların oluşması, bu tabakalar nedeniyle oluşan ısı ve basınç etkisiyle de bu birikintilerin fiziksel ve kimyasal değişime uğraması sonucunda oluşur. Bu oluşum milyonlarca yıl sürer.

Petrol Enerjisi: Petrol; hidrokarbon, oksijen ve sülfür gibi elementlerden oluşan karışık yapılı bir bileşiktir. Kaygan bir yapısı olan petrol yanıcı, madeni bir yağdır.

Hayvansal ve bitkisel organizmaların binlerce yıl yer altında sıkışmasıyla oluştuğu düşünülmektedir. Kayaçların arasında bulunan petrol, petrol kuyularının (Görsel 4.5.2) ve rafinerilerin içine, geçirgen kayaç ve toprakların arasından süzülerek toplanır. Yani petrolün yer altında havuz gibi bir alanda bulunduğu bilgisi doğru değildir.

Petrol elde edildiği sırada ham hâlde bulunur. Ham petrol çeşitli yöntemlerle rafinerilerde işlenerek benzin, mazot, fuel-oil, LPG (Likit Petrol Gaz), gaz yağı gibi yakıtlar ve plastik gibi petrokimyasal ürünler, asfalt ve katran gibi maddeler elde edilir.



Görsel 4.5.3: Doğal gaz işleme tesisi



Görsel 4.5.4: Nükleer enerji reaktörü

Doğal Gaz Enerjisi: Doğal gaz birçok hidrokarbon bileşiğinden oluşur. Yanıcı, kokusuz, renksiz ve havadan hafif bir gazdır.

Bir petrol türevi olan doğal gaz, yer altında yalnız başına bulunabildiği gibi petrol ile birlikte de bulunabilir.

Doğalgaz çıkarıldığı hâli ile borulara (Görsel 4.5.3) verilerek istenildiği yerde kullanılabilir ya da sıvılaştırılıp tankerlere yüklenerek kullanılacağı yere gönderilebilir.

Nükleer Enerji: Uranyum gibi büyük atom çekirdeklerinin parçalanması ya da hidrojen gibi küçük çekirdeklerinin birleşmesi sonucunda çok büyük bir enerji açığa çıkar. Atom çekirdeklerinden elde edilen bu enerjiye **nükleer enerji** adı verilmektedir. Örneğin Güneş'te de sürekli nükleer enerji açığa çıkmaktadır. Güneş'in enerjisi hidrojen atomlarının birleşerek helyum atomuna dönüşmesi sonucunda oluşmaktadır. Açığa çıkan büyük enerjinin çok küçük bir kısmı Dünya'nın ısı ve ışık kaynağıdır.

Nükleer enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren tesislere **nükleer reaktör** (Görsel 4.5.4) adı verilir. Nükleer reaktörlerde enerji, atom çekirdeğinin parçalanması sonucunda elde edilir.



Araştırınız

Nükleer enerji reaktörlerinde gerçekleşen enerji dönüşüm sürecini araştırınız.

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Yenilenebilir enerji kaynakları temiz enerji elde edilmesinde ilk sıradadır. Artan enerji ihtiyaçları ve sürdürülebilir kalkınma için yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak; gerekli olan teknolojileri tasarlamak ve üretmek insanlığın dünya üzerindeki yaşamını sağlıklı bir şekilde sürdürebilmesi için gereklidir. Başlıca yenilenebilir enerji kaynakları, Güneş, rüzgâr, jeotermal, hidroelektrik, biyokütle, hidrojen ve dalga enerjisidir.



Görsel 4.5.5: Güneş

Güneş Enerjisi: Güneş enerjisi, hidrojenin helyuma dönüşmesi sırasında açığa çıkan bir enerji türüdür yani Güneş'in yakıtı hidrojendir. Hidrojenin tükenmesi milyonlarca yıl süreceği ve temiz bir enerji kaynağı olduğu için Güneş, yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alır. Güneş'ten Dünya'ya gelen yıllık ortalama enerji (Görsel 4.5.5) Dünya'da bir yılda kullanılan enerjinin yaklaşık yirmi bin katıdır.

Fotovoltaik piller ve fotovoltaik sistemler, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren sitemlerdir.

Hidroelektrik Enerjisi: Yüksek hızla akan nehirler ya da çok yüksekten düşen sular diğer su kaynaklarına göre daha fazla enerjiye sahiptir. Akan ya da çok yüksekten düşen suların sahip olduğu enerji miktarını akma ve düşme hızı belirler. Yüksekten akan suyun sahip olduğu potansiyel enerjiye **hidroelektrik enerji** adı verilir.



Görsel 4.5.6: Hidroelektrik santrali

Hidroelektrik enerjiden yararlanılarak elektrik enerjisi üretilen santrallere **hidroelektrik enerji santralleri** (HES) (Görsel 4.5.6) adı verilir. Akarsu veya nehirlerin önüne suyu toplamak için baraj kurulur. Barajda biriken ve yüksek yer çekimi potansiyel enerjisine sahip olan su yer düzleminden yüksek, büyük kanallara alınır ve buradan serbest bırakılır. Hızla akan suyun potansiyel enerjisi, yer düzlemine ulaştıkça kinetik enerjiye dönüşür. Yüksek kinetik enerji ile türbin çarklarına ulaşan su, türbinleri döndürür. Dönen çarklara bağlı olan jeneratörler de mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürürler.



Görsel 4.5.7: Rüzgâr türbini

Rüzgâr Enerjisi: Güneş, yeryüzünü ve atmosferi homojen biçimde ısıtmaz. Atmosferde oluşan ısı farkı, hava akımlarının yani rüzgârların oluşmasına sebep olur. Rüzgârın hızı, şiddeti ve süresi ısı farkına ve coğrafi özelliklere bağlı olarak değişiklik gösterir.

Rüzgâr enerjisinden faydalanmak için rüzgâr türbinleri (Görsel 4.5.7) yapılır. Rüzgâr, türbinleri döndürür. Dönme sırasında jeneratörler aracılığıyla elektrik enerjisi üretilir. Bir rüzgâr türbini çocukların üfleyerek ya da koşarak döndürdükleri rüzgârgüllerinin büyütülmüş hâline benzetilebilir.



Görsel 4.5.8: Jeotermal saha

Jeotermal Enerji: Yerkürenin merkezindeki sıcak alandan yeryüzüne doğru yayılan iç ısının enerjisi **jeotermal enerji** olarak adlandırılır. Yerin birkaç kilometre derinliğine inebilen yer altı suları, bu enerji nedeniyle ısınır. Yer yüzeyine çıkan sıcak suya **jeotermal kaynak suyu**, çıktıkları alana ise **jeotermal saha** (Görsel 4.5.8) adı verilmektedir. Jeotermal enerjinin elde edileceği sistemler bu sahaya kurulur. Jeotermal enerjiden merkezî ısıtma ve soğutma yapma, kaplıca amaçlı kullanma, mineralli içme suyu ve elektrik enerjisi üretimi gibi pek çok farklı alanda yararlanılmaktadır.

Biyokütle Enerjisi: Fotosentez yaparak güneş enerjisini depolayan bitkisel organizmaların kütlelerine **biyokütle** adı verilmektedir. Evlerdeki organik çöpler (meyve-sebze atıkları), kullanılmış yağlar, mısır, buğday gibi bitkiler, gübre ve sanayi atıkları, hayvan dışkısı gibi kaynaklar biyokütle enerjisinin elde edildiği kaynaklardan bazılarıdır.

Bu kaynaklar klâsik yöntemlerde kullanılan kaynaklardır. Modern kaynaklar ise kendi içinde iki çeşittir:

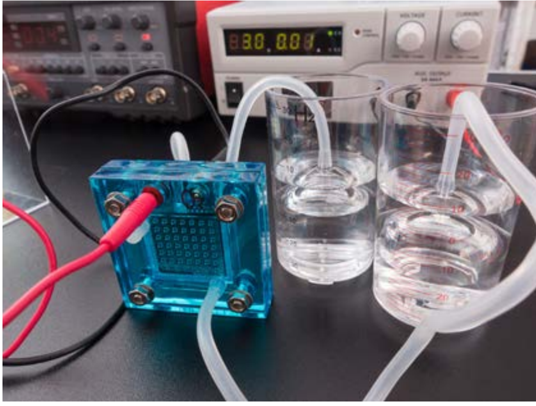
1. Enerji ormanları: Karakavak, söğüt, okaliptüs gibi hızlı yetişen ağaçlar enerji üretiminde tercih edilen ağaç türleridir. Bu ağaçlar hem her türlü iklim ve coğrafi şartlara uyum sağlayabilmekte hem de diğer ağaç türlerine göre 10-20 kat daha fazla hız ile büyüyebilmektedir. Beş yılda bir budanarak yeniden büyümeleri sağlanır ve budanan dallar biyokütle enerjisi üretiminde kullanılır.



Görsel 4.5.9: Biyokütle enerjisi üretim tesisi

2. Yüksek enerjili bitkilerle yapılan enerji tarımıdır. Şeker kamışı, tatlı darı, şeker pancarı, mısır gibi bitkiler yüksek enerjili bitkiler olarak adlandırılır. Bu bitkiler kurak ve verimsiz topraklarda da yetişebilen tek ve çok yıllık enerji bitkileridir. Bu bitkilerin bazılarının tohumları, genetik mühendislerinin çalışmaları sonucunda geliştirilen tohumlardır.

Biyokütle enerjisi üretim tesislerinde (Görsel 4.5.9) elektrik ve yakıt gibi kimyasal maddelerin üretimi yapılmaktadır.



Görsel 4.5.10: Hidrojen yakıt pili

Hidrojen Enerjisi: Evrenin temel enerji kaynağı kabul edilebilecek olan hidrojen, renksiz ve kokusuz bir gazdır. Doğada bileşikler hâlinde bulunur ve en bilinen bileşiği sudur. Hidrojen enerji taşıyıcısı olarak da adlandırılır. Fosil yakıtlardan, biyokütleden, sudan da elde edilebilen hidrojen, giderek artan enerji gereksinimini sürdürülebilir olarak sağlayabilecek bir enerji taşıyıcısıdır. Suyun yapısında bulunan hidrojenden enerji elde edilmesi sırasında (Görsel 4.5.10) oluşan atık madde, su ya da su buharıdır.



Görsel 4.5.11: Sörf yapan sporcu

Dalga Enerjisi: Deniz ve okyanusların yüzeyinde esen rüzgârlar, dalga oluşturur. Oluşan dalgaların yüzeylerinden veya yüzey altındaki dalga basınçlarından elde edilen enerjiye **dalga enerjisi** adı verilir.

Kıyıda, kıyıdan biraz daha açık bölgelerde ve açık denizlerde kurulmak üzere tasarlanmış dalga enerjisi elde etme teknolojileri bulunmaktadır. Bu teknolojilerde enerji, dalgalardan doğrudan elde edilmektedir. Dalga enerjisinde yatayda ilerleyen dalgalarla türbinlerin döndürülmesi sağlanarak enerji üretilir.

Sörf sporu yapan sporcular da (Görsel 4.5.11) öteleme hareketi yapabilmek için dalga enerjisinden faydalanırlar.

Yenilenebilir enerji kaynakları için gün geçtikçe yeni teknolojiler tasarlanmaktadır. Bunlardan bazıları karbon yakalama ve depolama tesisleri, ısı pompaları, akıllı şebekeler ve akıllı şehirler olarak sıralanabilir. Deneme sürecinde olan bu sistemler teknolojinin ilerlemesi ve maliyetin düşürülmesiyle kullanıma uygun hâle gelecektir.

Yenilenebilir enerji kaynağı mı, yenilenemez enerji kaynağı mı?

Yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları farklı avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Örneğin bazı kaynaklara erişim kolayken bazıları çevre dostu değildir ya da bir bölgede istihdam oluşturan kaynağın üretim maliyeti yüksek olabilir. Hangi enerji kaynağından yararlanılacağının belirlenmesi, birçok değişkene bağlıdır.

Tablo 4.5.1'de yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları çeşitli açılardan değerlendirilmiştir. Maliyet kavramıyla ilgili kaynağın santralinin yapım maliyeti; erişilebilirlik ile enerji kaynağına ulaşımın kolaylığı; üretim kolaylığı ile enerji kaynağının oluşum süreci; toplumsal etki ile istihdam sağlama becerisi; teknolojik etki ile teknolojik gelişmelere katkı sağlama durumu; çevreye etki ile çevre dostu olma durumu ifade edilmektedir. Enerji kaynakları için yapılan bazı değerlendirmeler kendi aralarında yapılan kıyaslamayla gerçekleştirilmiş ve az, çok ve çok fazla; zor, kolay, çok kolay; çevre dostu ve çevre dostu değil şeklinde sınıflandırılmaya gidilmiştir.

Tablo 4.5.1: Enerji kaynaklarının karşılaştırılması

	Yenilenebilir Enerji Kaynakları							Yenilenemez Enerji Kaynakları	
	Güneş	Hidroelektrik	Rüzgâr	Jeotermal	Biyokütle	Hidrojen	Dalga	Fosil Yakıtlar	Nükleer Enerji
Maliyet	Az	Çok	Çok	Az	Çok	Çok	Çok	Az	Çok
Erişilebilirlik	Bölgeye, mevsimlere ve zaman dilimine göre değişmektedir.	Bölgeye göre değişmektedir.	Bölgeye göre değişmektedir.	Bölgeye göre değişmektedir.	Kolay	Kolay	Bölgeye göre değişmektedir.	Kolay	Zor
Üretim kolaylığı	Kolay	Kolay	Kolay	Kolay	Kolay	Zor	Zor	Bölgeye göre değişmektedir.	Zor
Toplumsal etki	Az	Çok	Az	Çok	Çok	Az	Az	Çok	Az
Teknolojik etki	Çok	Az	Az	Az	Az	Çok	Çok	Çok	Çok
Çevreye etki	Çevre dostu	Çevre dostu	Çevre dostu	Çevre dostu	Çevre dostu	Çevre dostu	Çevre dostu	Çok	Az

SIRA SİZDE 23

Bulunduğunuz şehrin yöneticisi olsaydınız şehrin elektrik enerjisini üretmek için hangi kaynaktan yararlanırdınız? Seçiminizin sebebini kaynağın maliyeti, erişilebilirliği, üretim kolaylığı, toplum, teknoloji ve çevresel etkileri üzerinden açıklayınız.

Soruların doğru seçeneğini işaretleyiniz.

1. • Duvarı yıkan iş makinesi
   • Kızağını çekerek götüren Buğra
   • Saçlarını tarayan Gülşen
   • Yolcu gemisini çeken bir yük gemisi

   Verilen durumlarda geçen varlıklardan hangisi iş yapmamaktadır?

   A) İş makinesi B) Buğra C) Gülşen
   D) Yolcu gemisi E) Yük gemisi

2. Tramplenden atlama sporuyla uğraşan bir yüzücü belirli bir yükseklikten havuza atladığında havuz suyunun çevreye sıçramasına sebep olur.

   Bu durum ile ilgili
   I. Yüzücü su üzerinde iş yapmıştır.
   II. Yüzücünün tramplenden ayrılmadan önce enerjisi vardır.
   III. Hava sürtünmeleri olmasaydı yüzücü daha fazla su sıçratırdı.

   ifadelerinden hangileri doğrudur?

   A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III
   D) II ve III E) I, II ve III

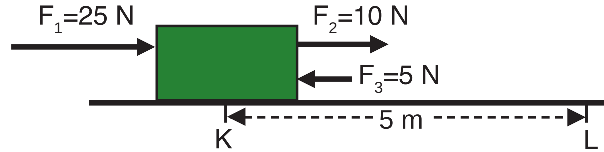
3. **Mutfak zemininde duran küçük bir yiyecek kolisinin tezgâhın üstüne sabit hızla kaldırılması sırasında yapılan iş hangisine bağlı değildir?**

   A) Tezgâhın yüksekliğine
   B) Kolinin kütlesine
   C) Koliye uygulanan kuvvete
   D) Koliye yaptırılan yer değiştirmeye
   E) Koliyi kaldıran kişinin kütlesine

4. Barfiks çeken 60 kg kütleli bir sporcu, bedenini 2 s'de 0,25 m yükseltiyor.
   Buna göre sporcunun gücü kaç watt'tır? ($g=10\ m/s^2$ alınız.)

   A) 7,5 B) 15 C) 30 D) 60 E) 75

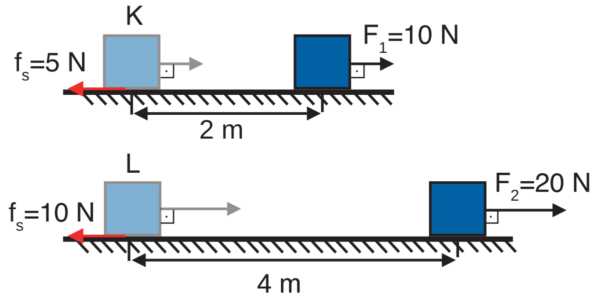
5. Sürtünmesiz yatay zeminde durmakta olan cisme yatay yola paralel uygulanan kuvvetlerin büyüklükleri şekilde verilmiştir.



   Kuvvetlerin etkisiyle aralarında 5 m mesafe olan K noktasından L noktasına getirilen cisim üzerinde yapılan iş kaç joule olur?

   A) 40 B) 50 C)100 D) 150 E) 175

6. Yatay zeminde durmakta olan K ve L cisimlerine etki eden kuvvetlerin ve sürtünme kuvvetlerinin büyüklükleri verilmiştir.



   Cisimlere etki eden sürtünme kuvvetleri yol boyunca sabittir. Sabit kuvvetler etkisindeki K cismine 2 m, L cismine ise 4 m yol aldırılıyor.
   K cismi üzerinde yapılan net iş W_K ve L cismi üzerinde yapılan net iş W_L olduğuna göre W_K/W_L oranı kaçtır?

   A) 1/4 B) 1/2 C) 1 D) 2 E) 4

4. ÜNİTE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

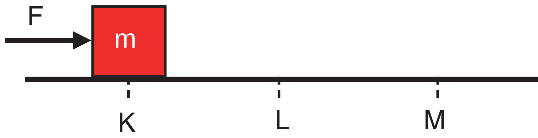
7. Ağırlıkları eşit Cem ve Gökhan, 20 kg kütleli birer özdeş kutu alarak evin 1. katından 3. katına taşıyor. Cem'in kutuyu yukarı çıkarması 30 s sürerken Gökhan 20 s'de çıkarıyor.
Bu bilgilere göre,

I. Cem ve Gökhan'ın kutu üzerinde yaptığı işler birbirine eşittir.
II. Cem, Gökhan'dan daha güçlüdür.
III. Cem ve Gökhan'ın 3. kata ulaştıkları andaki kinetik enerjileri birbirine eşittir.

ifadelerinden hangileri kesinlikle doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve III E) II ve III

8. Sürtünmesiz yatay zeminde durmakta olan m kütleli cisme yatay yola paralel, F şiddetinde bir kuvvet K-L noktaları arasında uygulanıyor. Kuvvet L noktasında kaldırılıyor.



Buna göre cismin K-L ve L-M noktaları arasında kinetik enerjisi nasıl değişir?

	K-L arasında	L-M arasında
A)	Artar	Artar
B)	Artar	Değişmez
C)	Değişmez	Değişmez
D)	Azalır	Değişmez
E)	Azalır	Azalır

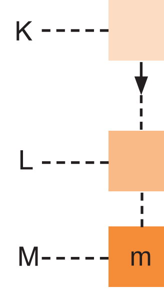
9. **Esneklik potansiyel enerjisine sahip cisimler için**

I. Gerilmiş lastik
II. Şişirilmiş çocuk balonu
III. Smaç vuruşu sırasında şekli değişen voleybol topu

durumlarından hangileri örnek verilebilir?

A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

10. K hizasından serbest bırakılan cismin kütlesinin büyüklüğü m kadardır.



Bu cisim ile ilgili

I. Cismin L noktasındaki potansiyel enerjisi M noktasındakinden daha büyüktür.
II. Cisim en büyük potansiyel enerjiye K noktasındayken sahiptir.
III. Serbest bırakılan cisim üzerinde hiç bir kuvvet iş yapmamıştır.

ifadelerinden hangileri yanlıştır?

A) Yalnız III B) I ve II C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

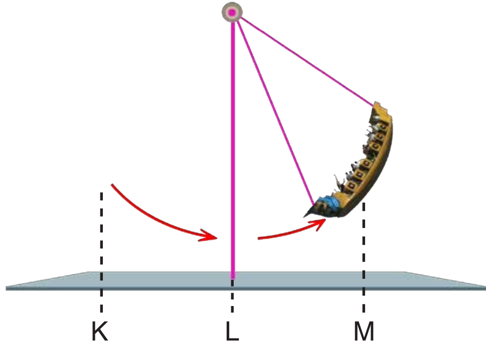
11. Rüzgârgülü, jeneratör, bağlantı kabloları ve lambadan oluşan sistem verilmiştir.



Rüzgar gülü döndüğünde lamba yandığına göre bu süreçte gerçekleşen enerji dönüşümü nedir?

A) Rüzgâr-Hareket-Elektrik
B) Hareket-Rüzgâr-Elektrik
C) Rüzgâr-Mekanik-Elektrik-Işık
D) Rüzgâr-Elektrik-Mekanik-ışık
E) Hareket-Mekanik-Rüzgâr-Elektrik

12. Lunaparktaki bir gondolun yörüngesi üzerinde şekildeki gibi K, L ve M noktaları belirlenmiştir.



Gondolun gidip gelme hareketi sırasında sahip olduğu kinetik ve potansiyel enerjiler için aşağıdaki ifadeler verilmiştir.

I. Maksimum yer çekimi potansiyel enerjisi
II. Minimum yer çekimi potansiyel enerjisi
III. Maksimum kinetik enerji
IV. Minimum kinetik enerji

Buna göre verilen enerji ifadeleri yörünge üzerindeki hangi noktalara karşılık gelmektedir? (Sürtünmeler ihmal edilmiştir.)

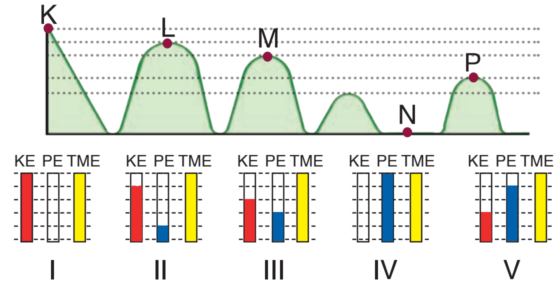
	K	L	M
A)	I ve IV	II ve III	I ve IV
B)	I ve III	II ve IV	I ve III
C)	II ve IV	I ve III	II ve IV
D)	II ve III	I ve IV	II ve III
E)	enerji sıfır	enerji sıfır	enerji sıfır

13.
I. Rüzgâr
II. Güneş
III. Biyokütle
IV. Doğal gaz

Verilen enerji kaynaklarından hangileri yenilenebilir enerji kaynaklarındandır?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I, II ve III
D) I, II ve IV E) II, III ve IV

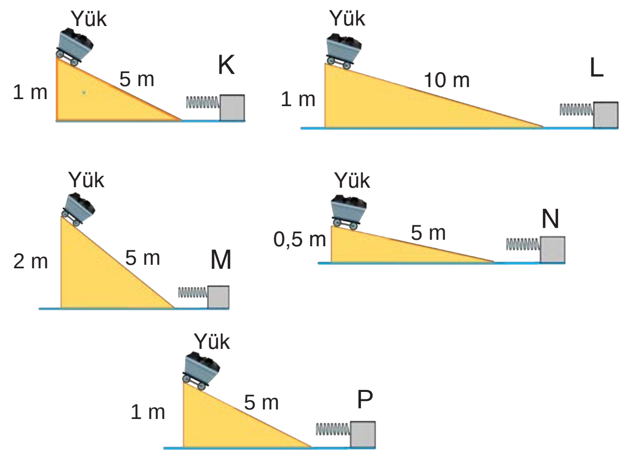
14. Sürtünmesiz zeminde K noktasından ilk hızsız harekete başlayan cismin K, L, M, N ve P noktalarındaki kinetik, potansiyel ve toplam enerji çubuk grafikleri karışık verilmiştir.



Noktalara karşılık gelen grafikler hangi seçenekte doğru olarak verilmiştir?

	K	L	M	N	P
A)	IV	V	III	I	II
B)	V	IV	III	I	II
C)	II	I	III	IV	V
D)	III	II	I	IV	V
E)	I	II	III	IV	V

15. Özdeş yaylarla oluşturulan sistemler verilmiştir. Sistemler üzerinde niceliklerin büyüklükleri gösterilmiştir ve yüklerin ağırlıkları birbirine eşittir.



Buna göre yük serbest bırakılıp yaya ulaştığında <u>en fazla</u> sıkışan yay hangisi olur? (Sürtünmeler ihmal edilmiştir.)

A) K B) L C) M D) N E) P

16. **Enerji kaynakları ile kaynaklardan enerjinin üretildiği tesisler arasında yapılan,**

I. Güneş ⟶ güneş santralleri
II. Sıcak su kaynakları ⟶ jeotermal tesis
III. Petrol ⟶ nükleer tesis
IV. Su ⟶ hidroelektrik santral

eşleştirmelerinden hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız III C) I, II ve III
D) I, II ve IV E) II, III ve IV

Soruların cevabını ilgili alana yazınız.

17. Potansiyel enerjinin bağlı olduğu değişkenleri gözlemlemek isteyen bir öğrenci üç ayrı deney düzeneği hazırlar. Deney düzenekleri aşağıdaki gibidir

I. Düzenek: Aynı ortam, eşit kütle, farklı yükseklik
II. Düzenek: Aynı ortam, farklı kütleler, aynı yükseklik
III. Düzenek: Farklı ortam, aynı kütle, aynı yükseklik

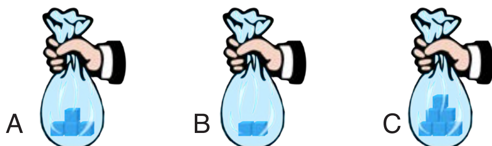
Öğrenci bu düzeneklerin her birinde hangi niceliği gözlemlemeyi planlamıştır?

....

18. Bir bulaşık makinesinin gücü 1800 W, saç kurutma makinesinin gücü ise 2400 W'tır. **Buna göre 30 dk çalıştırılan bu cihazlardan hangisi daha fazla enerji tüketir?**

....

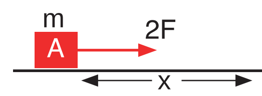
19. A, B ve C torbalarında şekildeki gibi aynı ortamda ve yerden eşit yüksekliklerde özdeş küpler bulunmaktadır.



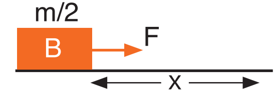
Buna göre hangi torba serbest bırakılıp, yere düştüğünde daha çok ses çıkarır?

....

20. Kütleleri m ve m/2 olan A ve B cisimlerine sürtünmesiz bir yüzeyde yatay zemine paralel 2F ve F şiddetindeki kuvvetler şekildeki gibi uygulanıyor. Başlangıçta durmakta olan cisimler t süresinde x kadar yer değiştiriyor.



Şekil I

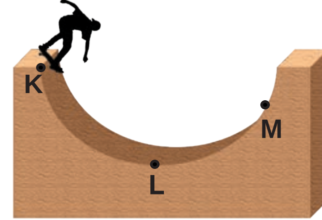


Şekil II

A ve B cisimlerinin üzerine harcanan ortalama güçlerin büyüklükleri sırasıyla P_A ve P_B olduğuna göre P_A ve P_B arasındaki büyüklük ilişkisi nedir?

....

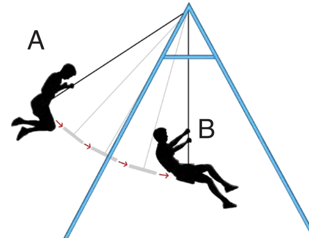
21. Sürtünmelerin ihmal edilecek kadar küçük olduğu bir yüzeyde kaymakta olan kaykaycının yörüngesindeki K, L ve M noktaları şekilde verilmiştir.



Buna göre kaykaycının bu noktalarda sahip olduğu enerji türleri nelerdir?

....

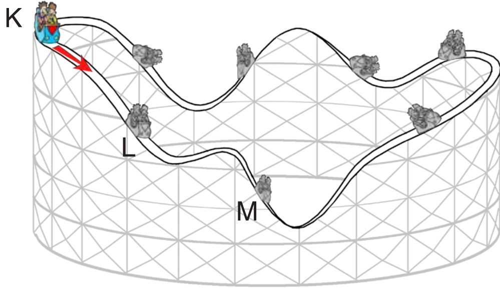
22. Salıncakta sallanırken A ve B noktalarından geçen bir çocuğun bu noktalardaki kinetik enerjileri sırasıyla KE_A ve KE_B, potansiyel enerjileri sırasıyla PE_A ve PE_B'dir.



Buna göre kinetik ve potansiyel enerjiler arasındaki ilişki nedir? (Sürtünmeler ihmal edilecektir.)

....

23. Eğlence treninin K noktasından harekete başlayan vagonun K, L ve M noktalarındaki kinetik enerjileri sırasıyla EK_K, EK_L ve EK_M, potansiyel enerjileri sırasıyla EP_K, EP_L ve EP_M'dir.



Buna göre vagonun bu noktalardaki kinetik enerjilerini ve potansiyel enerjilerini kendi aralarında karşılaştırınız. (Sürtünmeler ihmal edilmiştir.)

....

24. Yukarı doğru sabit hızla hareket etmekte olan bir seyahat balonunun potansiyel ve kinetik enerjilerindeki değişimi yorumlayınız.

....

25.



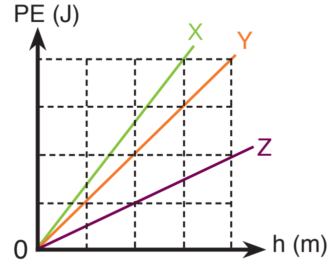
Güneş paneli bağlı olan bir sokak lambasında hangi enerji dönüşümleri gerçekleşir?

....

26. Bir inşaatta çalışan 80 kg kütleye sahip bir işçinin öğle yemeğinde yediği yemeğin enerji değeri 120 kJ'dür.
İşçi bu enerjiyi doğrudan işe dönüştürebilseydi kaç metre yükseklikte bir merdivene çıkabilirdi?
(1kJ=1000 J ve g=10 m/s^2 alınız.)

....

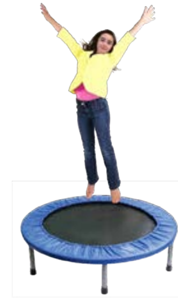
27. X, Y ve Z cisimlerinin yüksekliğe bağlı potansiyel enerji değişim grafikleri verilmiştir.



Buna göre aynı yükseklikteki cisimlerin potansiyel enerjileri sırasıyla EP_X, EP_Y ve EP_Z olmak üzere, kütleleri arasındaki ilişki nedir?

....

28.



Görseldeki gibi tramboline atlayan bir çocuk hangi enerji dönüşümlerini yaşar?

....

29 ve 30. soruları verilen bilgilere göre cevaplayınız.

Kütlesi 50 kg olan bir öğrenci yüksekliği 3 m olan bir merdiveni koşarak 2 saniyede çıkıyor. (g=10 m/s^2 alınız.)

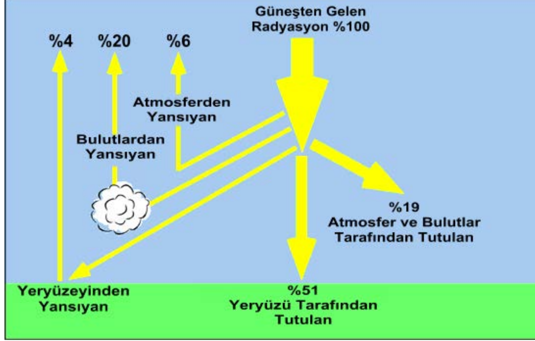
29. Öğrencinin harcadığı enerji kaç J'dür?

....

30. Öğrencinin merdiveni çıkarken gücünün kaç watt olduğunu bulunuz.

....

31-34 aralığındaki soruları verilen metne göre cevaplayınız.



"Güneş enerjisinin %51'i atmosferi geçerek yeryüzüne ulaşır. Ulaşan bu enerji yeri ve yere yakın atmosferi ısıtır. Isınan yeryüzünden salınan uzun dalgalı ışınımlar tekrar atmosfer tarafından soğurulur. Atmosferde biriken karbondioksit, metan, ozon ve su buharı gibi gazlar, sera gazları olarak adlandırılır. Atmosferde biriken bu sera gazları kısa dalgalı Güneş ışınımlarına karşı çok geçirgen olmasına rağmen yeryüzünden salınan uzun dalgalı ışınımlara karşı az geçirgendir. Bu sebeple atmosferin yeryüzüne yakın kısımları beklenenden daha fazla ısınır ve bu ısınmaya atmosferin sera etkisi denilmektedir. Son yıllarda sera gazlarının özellikle de karbondioksit ve metan gibi gazların oranlarındaki artış küresel ısınmaya neden olmaktadır."

31. Atmosferin sera etkisinin sebep olabileceği durumlardan hangisi canlıların enerji elde etme yöntemlerini etkilemez?

A) Tarımsal üretim potansiyelinin değişmesi
B) Deniz seviyesindeki değişikliğe bağlı olarak turizm ve tarım alanlarının zarar görmesi
C) Kalıcı kar-buz örtüsünün kapladığı bölgelerde olası erime durumlarında sel, taşkın olaylarının artması
D) Çölleşme tehdidinin ormancılık ve su kaynaklarını olumsuz etkilemesi
E) Güneşten gelen enerjinin bir kısmının atmosferden geri dönmesi

32. Aşağıdakilerden hangisi atmosferin yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasını etkileyen faktörlerden biri değildir?

A) Bol güneş ışığı gören bölgelerde çatılara güneş panellerinin kurulması
B) Rüzgârın sürekli olduğu bölgelerde rüzgâr türbinlerinin yapılması
C) Sera etkisinin fosil yakıtların oluşumuna etki etmesi
D) Açık denizlerde oluşan büyük enerjili dalgalara etki etmesi
E) Biyokütle kaynaklarına etki etmesi

33. Sera etkisine sebep olabilen, tutulan ve yansıyan Güneş ışınlarının yüzdelerini metinde yer alan görselden inceleyiniz.
Görsele göre yeryüzünde ve atmosferde bulunan madde moleküllerinin kinetik enerjilerini büyükten küçüğe sıralayınız.

....

34. "İnsanların ulaşım, elektrik üretimi ve tüketimi gibi faaliyetleri neticesinde üretilen karbondioksit gazının, çevreye verdiği zararın birim karbondioksit cinsinden ölçülen toplam sera gazı yayılım miktarına karbon ayak izi denir."

Verilen bu bilgilere göre insanlar karbon ayak izini azaltmak için,

I. Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanma
II. Yenilenemez enerji kaynaklarını kullanma
III. Elektrikli aletleri kullanmadığımızda fişlerini prizde bırakmama
IV. Ulaşımı sağlarken kısa mesafelerde yürümeyi ya da bisiklete binmeyi tercih etme

işlemlerinden hangilerini yapabilir?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I, II ve III
D) I, III ve IV E) II, III ve IV



5. ÜNİTE

ISI VE SICAKLIK

ÜNİTENİN BÖLÜMLERİ

“Şüphe bilimin babasıdır."

Galileo GALILEI



Sıcaklığın ölçülmesi için geliştirilen her araç, insanları uzun yıllar kendisine hayran bırakmıştır. Çünkü sıcaklık, kütle ya da uzunluk gibi algılanması ve ölçümü kolay olan niceliklerden çok farklıdır. Sıcaklığın bu kadar öznel olması, insanları uzun yıllar sıcaklığın ölçümünü yapmak için uğraştırmıştır. Modern termometrelerin atası olarak anılan termoskopların kökeni MÖ 200'lü yıllara kadar uzanır. Bilinen ilk modern termometre ise ancak 16. yüzyılda icat edilmiştir.

1500'lü yılların sonunda ısınan havanın genleştiğinin fark edilmesi üzerine Galileo'nun da içinde bulunduğu bir grup bilim insanı için sıcaklığı ölçmek, büyük bir olay hâline gelir. Bunun üzerine Galileo 1600'lü yılların başında, içinde berrak sıvının ve farklı özkütlelerdeki cam kürelerin bulunduğu bir düzenek geliştirmeyi başarır. Düzenek, sıvıların sıcaklıkla genleşmesi olayına bağlı olarak çalışmaktadır. Genleşen ve özkütlesi azalan sıvıda kürelerin aşağı ya da yukarı hareketi gözlemlenerek sıcaklıkta bir değişimin olup olmadığına karar verilmektedir.

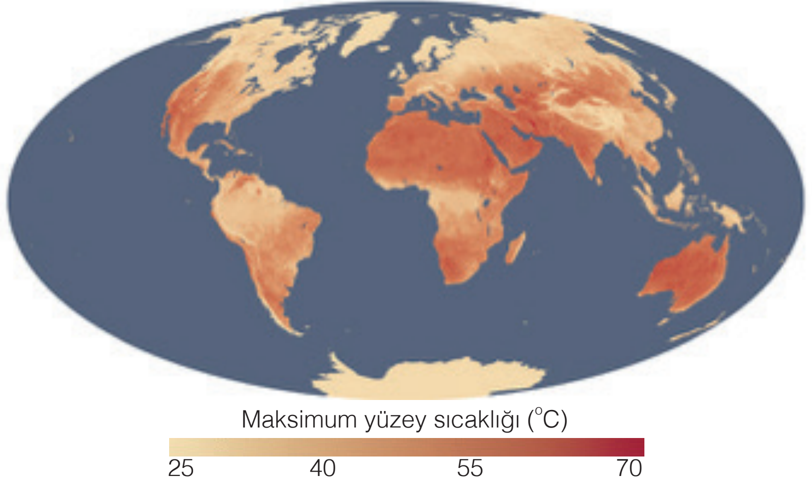
Polonya'da kralın doktorluğunu yapan ve hastalıkların teşhisinde vücut sıcaklığının önemini fark eden Santorio Santorio (Santariyo Santoriyo) ise ilk ölçekli termometreyi geliştirir. Kullanımı nispeten daha kolay olan ilk kapalı termometre 1641'de Toskana Grand Dükü Ferdinand tarafından icat edilir. Celcius (Selsiyus) ve Fahrenheit'ın (Farenhayt) cıvalı termometreleri geliştirmesi 1700'lü yılları bulur. Mutlak sıcaklık ölçeği olarak kabul edilen Kelvin termometresinin icadı ise Lord Kelvin adıyla bilinen fizikçi bir mühendis olan William Thomson (Vilyım Tamsın) tarafından 1848 yılında gerçekleşir.

Bilim ve teknolojinin zamanla gelişmesi maddenin yapısıyla ilgili çalışmaları hızlandırmıştır. Maddenin mikroskopik yapısının keşfiyle daha hassas ölçüm aletleri geliştirilebilmiştir. Bu aletlerden biri nanokelvin termometrelerdir. Bu termometrelerde ışık kullanılarak sıcaklık, 1 °C sıcaklığın 30 milyarda biri hassasiyetinde ölçülebilmektedir.

5.1 ISI VE SICAKLIK

Bu Bölümde Öğrenilecek Anahtar Kavramlar

- Isı
- Sıcaklık
- İç enerji
- Öz ısı
- Isı sığası



Dünya Meteoroloji Teşkilatının açıkladığı standartlara göre hava sıcaklığının doğru okunması için termometrenin yerden 1,2-2 m arasında bir yüksekliğe yerleştirilmesi ve doğrudan güneş almaması gerekmektedir. Örneğin hava sıcaklığının 12 °C olarak açıklandığı bir günde, güneş almayan bölgelerin sıcaklığı 4 °C - 8 °C ölçülürken güneş alan bölgelerin sıcaklığı 13 °C - 19 °C olarak ölçülmektedir. Ölçüm yapılan yerdeki ekosistem, rüzgâr, nem ve hatta binalar gibi diğer dış etkenler de ölçülecek sıcaklık değerlerinde değişikliklere neden olmaktadır. Bu nedenle NASA, sıcaklık haritalarını oluştururken yüzey sıcaklığı kavramını kullanmaktadır. Yüzey sıcaklığının içerisinde atmosfer, güneş, toprak yapısı ve diğer ısı kaynaklarının etkileri doğrudan bulunmakta, o bölgenin sıcaklığı daha net ifade edilebilmektedir.

Hissedilen sıcaklık nedir?

Sıcak yemek içindeki soğan parçaları, diğer besinlere göre dilimizi neden daha çok yakar?

Bir maddenin ısısı ölçülebilir mi?

Bu soruların ve konuyla ilgili akla gelebilecek diğer soruların cevaplarına ünitenin bu bölümünde yer verilecektir. Isı ve sıcaklık kavramları arasındaki ilişki iç enerji kavramıyla açıklanacak, termometre çeşitleri ve sıcaklık birimleri incelenecektir. Öz ısı ve ısı sığası kavramlarına günlük hayattan örnekler verilerek ısı alışverişi yapan maddelerin sıcaklık değişiminin nelere bağlı olduğu gözlemlenecektir.

5.1.1 ISI VE SICAKLIK KAVRAMLARI

Termodinamik kelimesi Yunancada ısı anlamına gelen "termo" kelimesi ile kuvvet etkisindeki cisimlerin davranışı anlamına gelen "dinamik" kelimesinin birleştirilmesi ile oluşturulmuştur. Fiziğin alt dallarından biri olan termodinamik ısı, sıcaklık ve maddenin farklı sıcaklık durumlarında çevresiyle etkileşimini inceler. Isı ve sıcaklık kavramlarının anlaşılabilmesi için bazı temel kavramların anlamlandırılması gerekmektedir.

Bir sistemi oluşturan atom ve moleküllerin kinetik (titreşim) ve potansiyel (bağ) enerjilerinin toplamı, **iç enerji** olarak tanımlanmaktadır. Sistem üzerinde iş yapıldığında ya da sisteme enerji aktarıldığında sistemin iç enerjisinde değişiklik meydana gelir. Örneğin su dolu çaydanlık ocağa konulduğunda ocaktan suya ısı enerjisi aktarılır. Enerjisi artan su moleküllerinin hızı ve dolayısıyla kinetik enerjisi artar.

Sıcaklık, bir sistemdeki atom ve moleküllerin ortalama kinetik enerjisinin bir göstergesidir, bir enerji değildir. Sıcaklık **termometre** ile ölçülür ve sıcaklık T sembolü ile gösterilir. Sıcaklığın SI'daki birimi kelvindir (K).

Isı; sıcaklıkları farklı, etkileşim hâlindeki iki sistem arasında sıcaklığı yüksek olandan düşük olana doğru, sıcaklığın dengelenmesi için transfer edilen enerjidir. Isı Q sembolü ile gösterilir, SI'daki birimi jouledür. Temel ısı birimi olmamasına rağmen genellikle kalori (cal) kullanılmaktadır. İki enerji birimi olan joule ve kalori arasında

$$1\,\text{cal} \cong 4,186\,\text{J}$$

ilişkisi vardır.

Bir sistemin ısısı gibi bir kavram yoktur. Isı, aktarılan enerji olduğu için ancak sistemin aldığı ya da verdiği ısının ölçümü yapılabilir. Bu ölçüm kalorimetre kabı (Görsel 5.1.1) ile yapılır. Kalorimetre kabında da ölçümü yapılan nicelik aslında sıcaklık olup sonrasında ısı matematiksel modellerle hesaplanır.



Görsel 5.1.1: Kalorimetre kabı

“Bir cismin içindeki ısı miktarı” ya da “bir sistemin ısısı” şeklinde bir kavram yoktur. Isı, sıcaklık farkı nedeniyle bir sistemden diğer sisteme aktarılan enerjidir.

5.1.2 TERMOMETRELER

Termometreler, sıcaklık ölçümünde kullanılan aletlerdir.

Termometre, sıcaklığı ölçülmek istenen cisimle etkileşime girer. Cisim ile termometrenin sıcaklıkları birbirinden farklı ise aralarında ısı alışverişi gerçekleşir. Isı veren ya da alan termometrede fiziksel değişiklikler meydana gelir. Sıcaklık ölçümü, termometrenin fiziksel niceliklerinde oluşan bu değişikliklerin gözlenmesi ile yapılır. Gözlenebilecek değişiklikler katı, sıvı ve gazlarda genleşme; gazlarda basınç değişimi; katılarda renk ve direnç değişimi şeklindedir.

Termometre seçimi, sıcaklığı ölçülmek istenen madde ya da ortamın ortalama sıcaklığına bağlı olarak seçilir. Bu nedenle termometreler kullanım amaçlarına göre sıvılı, metal (katı) ve gazlı olmak üzere üç çeşittir.

1. Sıvılı Termometreler

Sıvılı termometrelerin yapısı temel olarak kılcal cam boru, renklendirilmiş sıvı ve hazneden oluşmaktadır (Görsel 5.1.2). Renklendirilmiş sıvı olarak cıva, alkol ya da ispirto kullanılabilir.



Görsel 5.1.2: Sıvılı termometre

Ölçümün hassasiyeti;

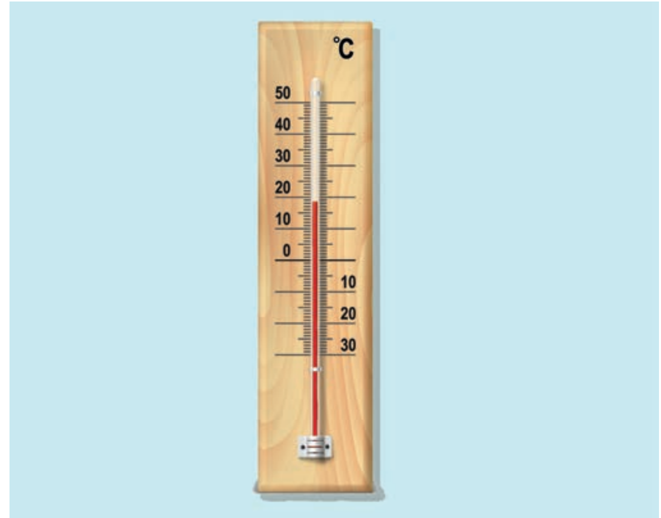
- kılcal borulardan genleşme kat sayısı az ve kesit alanı küçük olan boruya,
- renklendirilmiş sıvılardan genleşme kat sayısı çok olan sıvıya,
- sıvı haznesinin büyüklüğüne,
- sıcaklık aralığının ölçeklendirilme miktarına bağlıdır.

Maddenin atom ve moleküllerinin kinetik enerjisinin sıfır olarak öngörüldüğü, yani maddenin atom ve moleküllerinin bütün hareketlerinin durduğu varsayılan teorik sıcaklık değerine **mutlak sıcaklık** adı verilmektedir. Mutlak sıcaklık, Kelvin ölçeğinde 0 K ya da Celcius ölçeğinde -273,16 °C'ye karşılık gelmektedir. Bu sıcaklıktaki bir maddenin atom ve moleküllerinin bütün hareketinin durduğu öngörülmektedir. Maddenin sıcaklığını bu sıcaklık değerinin altına düşürmek mümkün değildir. Sıcaklığı mutlak sıcaklıktan yüksek maddelerin atom ve molekülleri ise hareket hâlindedir. Hareket hâlindeki bu tanecikler birbirleri ile çarpışır ve birbirlerine enerji aktarır. Orta düzeydeki sıcaklıkları ölçmekte kullanılan termometreler kullanıldığı yere göre hasta, duvar ya da laboratuvar termometresi olarak adlandırılmaktadır. Temas hâlindeki iki sistem arasındaki enerji aktarımı, sistemlerin sıcaklıkları eşit oluncaya kadar devam eder. Örneğin ateşi ölçülmek istenen bir hastaya termometre temas ettirildiğinde hastadan termometrenin haznesine ısı geçişi olur. Bu ısı, hazneden renklendirilmiş sıvıya aktarılır ve ısı alan sıvı genleşir. Bu genleşme ısı akışı devam ettiği sürece devam eder. Sıvı ile termometre termal dengeye geldiği anda ısı akışı durur ve artık termometre içindeki sıvı genleşmez. Sıvı yüksekliğinin sabit kaldığı ölçek değeri, hastanın vücut sıcaklığını verir.

Sıcaklık ölçüm aralığı hasta termometrelerinde (Görsel 5.1.3) 33 °C ile 42 °C, duvar termometrelerinde (Görsel 5.1.4) -30 °C ile 50 °C ve laboratuvar termometrelerinde (Görsel 5.1.5) -10 °C ile 110 °C arasında değişmektedir.



Görsel 5.1.3: Hasta termometresi



Görsel 5.1.4: Duvar termometresi



Görsel 5.1.5: Laboratuvar termometresi

Meraklısına Bilgi

Sıcaklık ile direnci değişen elektronik devre elemanlarına termistör adı verilmektedir. Termistörler klima, buzdolabı ya da fırın gibi cihazlardaki sıcaklık kontrol devrelerinde kullanılmaktadır.

2. Metal Termometreler

Metal termometreler (Görsel 5.1.6) yüksek sıcaklıkların ölçümünde kullanılmaktadır. Metallerin genleşme özelliğine bağlı olarak geliştirilmiş bu termometrelerden eritme, pişirme veya kurutma gibi işlemlerin yapıldığı endüstriyel alanlarda ve fırınlarda yararlanılmaktadır.



Görsel 5.1.6: Metal termometre

3. Gazlı Termometreler

Gazlar, sıcaklık değişimlerine katı ve sıvılara oranla daha fazla tepki verir. Bu nedenle hassas sıcaklık ölçümlerinde gazlı termometreler (Görsel 5.1.7) kullanılmaktadır. Gazların genleşme özelliğine ve basıncına bağlı olarak çalışan bu termometrelerden laboratuvarlarda yararlanılmaktadır.



Görsel 5.1.7: Gazlı termometre

SIRA SİZDE 1

Tabloda verilen sıcaklık değerlerinin ölçümünde kullanılması en uygun olan termometre türünü yazınız.

Sıcaklık	Termometre Türü
-35 °C	
160 °C	
25 °C	

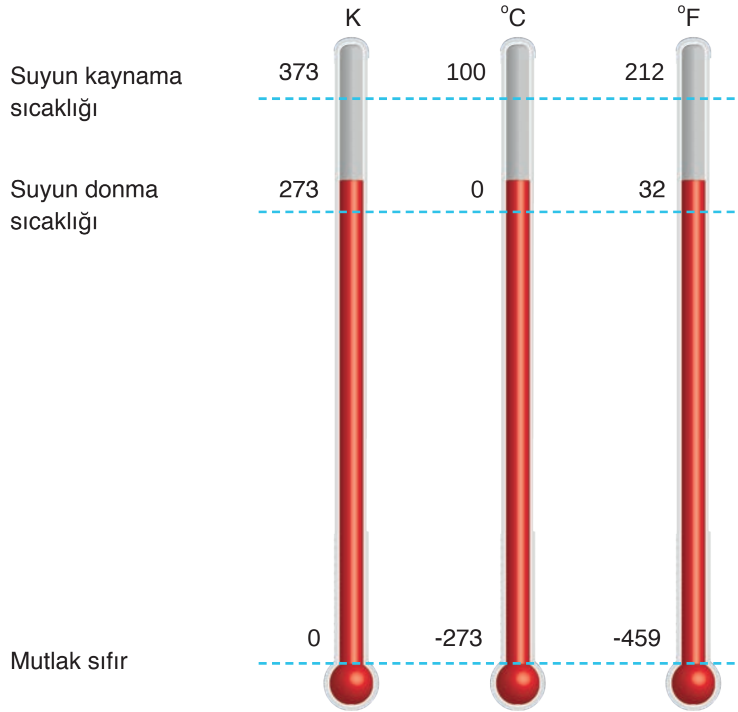


Araştırınız

Pirometrenin ne olduğunu ve nerelerde kullanıldığını araştırınız.

5.1.3 SICAKLIK ÖLÇEKLERİ

Sıvılı termometrelerde ölçeklendirme deniz seviyesinde, 1 atm basınç altındaki suyun donma ve kaynama sıcaklıkları arasında yapılır. Sıcaklık ölçeklerine Kelvin (Kelvin), Celcius ve Fahrenheit termometreleri örnek olarak verilebilir (Şekil 5.1.1).



Şekil 5.1.1: Sıcaklık ölçeklerinin gösterimi

Kelvin termometresinde suyun donma sıcaklığı 273 K, kaynama sıcaklığı ise 373 K'dir. Termometre 100 eşit parçaya bölünerek ölçeklendirilmiştir.

Celcius termometresinde suyun donma sıcaklığı 0 °C, kaynama sıcaklığı 100 °C olarak belirlenmiştir. Termometre 100 eşit parçaya bölünerek ölçeklendirilmiştir.

Fahrenheit termometresinde ise suyun donma sıcaklığı 32 °F, kaynama sıcaklığı 212 °F alınmış ve termometre 180 eşit parçaya bölünerek ölçeklendirilmiştir.

Kelvin, Celcius ve Fahrenheit termometreleri en çok kullanılan termometrelerdir. Bilimsel çalışmalarda Kelvin ölçeklendirmesi kullanılmaktadır. Suyun donma ve kaynama sıcaklığının, ölçeklendirme aralıklarının farklı alındığı başka termometreler de bulunmaktadır.



Araştırınız

Reomür (Römür) termometresinin özelliklerini araştırınız.

Meraklısına Bilgi

Sıcaklığın Kelvin ile ifadesinde derece kavramı yoktur. Çünkü eğer bir birim mutlaksa yani bir niceliğin ölçümünü doğrudan veriyorsa o birim için derece ifadesi kullanılmaz.
Kelvin ölçeğinde sıfır, mutlak sıfır anlamına gelir. Diğer termometrelerde olduğu gibi suyun donma noktasına karşılık gelen herhangi bir keyfi sıcaklık değildir. Bu nedenle Kelvin, sıcaklık ölçümü için "doğal birim" kabul edilmektedir.

Aynı ortamdaki termometrelerle aynı sıcaklık ölçülür fakat ölçeklendirme farklı olduğu için termometrelerin üzerinde okunan değerler birbirinden farklı olur.

Bir termometrede okunan değerin diğer termometrede hangi sıcaklık değerine karşılık geldiğinin bulunması için matematiksel hesaplamalar yapılır. Hesaplamada termometrelerdeki sıcaklık değişim miktarları oranlanır.

Termometrelerde okunan sıcaklık değerlerinin birbirine dönüştürülmesi için aşağıda verilen eşitlikten yararlanılır. Celcius, Kelvin ve Fahrenheit termometrelerinde okunan değerler sırasıyla °C, K, °F ve herhangi bir termometrede okunan değer X, o termometrede ölçülen suyun donma sıcaklığı T_D ve kaynama sıcaklığı T_K olmak üzere eşitlik

$$\frac{C}{100} = \frac{F - 32}{180} = \frac{K - 273}{100} = \frac{X - T_D}{T_K - T_D}$$

şeklindedir.

ÖRNEK SORU

Fahrenheit temometresinde okunan 92 °F sıcaklık, Celcius termometresinde kaç °C okunur?

ÇÖZÜM

Celcius ve Fahrenheit termometrelerinde okunan değerler arasındaki ilişki

$$\frac{C}{100} = \frac{F - 32}{180}$$

şeklindedir. Fahrenheit termometresinde okunan değer yerine yazılarak Celcius termometresinde okunacak değer bulunur.

$$\frac{C}{100} = \frac{92 - 32}{180}$$

$$C = 33,\overline{3}\ ^{\circ}C$$

SIRA SİZDE 2

a) 237 °C sıcaklık Kelvin termometresinde kaç K'ye karşılık gelir?
b) Fahrenheit ve Celcius termometreleri hangi sıcaklıkta aynı sayısal değeri gösterir?

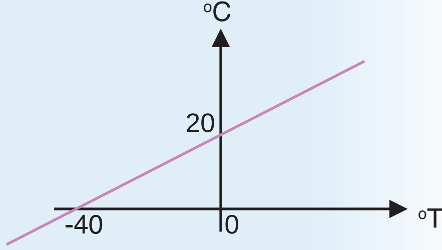


Araştırınız

Sıvılı termometrelerin uzayda çalışıp çalışmadığını araştırınız.

ÖRNEK SORU

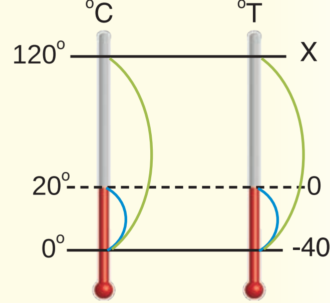
Celcius termometresinde okunan değerler ile T termometresinde okunan değerler arasındaki ilişki, grafikte verilmiştir.



Buna göre Celcius termometresinde okunan 120 °C, T termometresinde kaç °T'ye karşılık gelir?

ÇÖZÜM

Termometrelerin gösterdikleri değerler arasındaki ilişkiyi belirlemek için aşağıdaki model kullanılabilir.



Termometrelerdeki sıcaklık değişim miktarları oranlandığında

$$\frac{20 - 0}{0 - (-40)} = \frac{120 - 0}{x - (-40)}$$

$$\frac{20}{40} = \frac{120}{x + 40}$$

$$x = 200\ ^{\circ}C$$

şeklinde bulunur.

SIRA SİZDE 3

Kendi termometrenizi tasarlayınız ve 20 °C sıcaklığın kendi termometrenizdeki karşılığını hesaplayınız.

SIRA SİZDE 4

Deniz seviyesinde, 1 atm basınç altındaki X ve Y termometrelerinde suyun donma sıcaklığı sırasıyla 20 °X ve 40 °Y, kaynama sıcaklığı ise sırasıyla 100 °X ve 80 °Y'dir. Buna göre,

a) Celcius termometresinde okunan 10 °C sıcaklık X ve Y termometrelerinde hangi değerlere karşılık gelir?

b) X ve Y termometrelerinde aynı sıcaklıklara karşılık gelen değer nedir?

c) X termometresinde okunan 40 °X sıcaklık, Y termometresinde kaç °Y olarak okunur?

Isının sıcaklığı yüksek olan sistemden, düşük olan sisteme doğru akan enerji olduğu bilgisi verildi. **Sistemler arasındaki bu ısı alışverişi ne zamana kadar devam eder?** Bu soruyu cevaplamak ve ısı alışverişi yapan sistemlerin sıcaklıklarındaki değişimin nelere bağlı olduğunu belirlemek için "Sıcaklık Değişimi" deneyini yapınız.

DENEYEREK KEŞFEDELİM

DENEYİN ADI
Sıcaklık Değişimi

DENEYİN AMACI
Hâl değişimine uğramaksızın ısı alan bir cismin sıcaklığındaki değişimin bağlı olduğu değişkenlerin belirlenmesi

KULLANILAN MALZEMELER
2 adet üçayak, 2 adet amyant tel, 3 adet beherglas, 2 adet demir çubuk, 2 adet bağlama parçası, 2 adet bünzen kıskacı, 3 adet özdeş ısıtıcı, 2 adet laboratuvar termometresi, su, sıvı yağ, kibrit ve saat

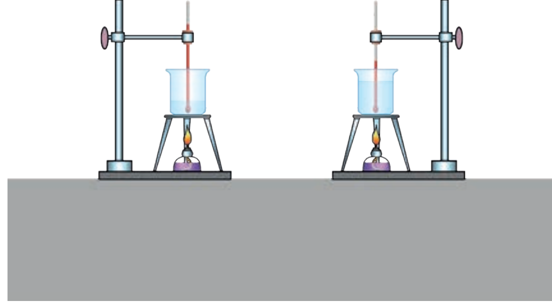



UYARI: İspirto ocaklarını kullanırken dikkatli olunuz.

DENEY DÜZENEĞİNİN HAZIRLANIŞI:

Döküm ayaklara demir çubukları yerleştiriniz. Demir çubuğa sabitlediğiniz bağlantı parçasına bünzen kıskacını yerleştiriniz. Beherglasları, üçayağın üzerine yerleştirdiğiniz amyant tele koyunuz.

Tabanları beherglasların tabanına temas etmeyecek şekilde termometreleri bünzen kıskacına şekildeki gibi sabitleyiniz.



DENEYİN YAPILIŞI:

1. Adım: Beherglaslardan birini 100 mL, diğerini 200 mL su ile doldurunuz. Suların ilk sıcaklıklarını kaydediniz. Isıtıcıları yakınız ve her birini bir beherglasın altına gelecek şekilde aynı anda yerleştiriniz. İki dakika bekleyiniz ve ispirto ocaklarını söndürünüz. Termometrelerden sıcaklık değerlerini tekrar okuyunuz ve kaydediniz.

2. Adım: İki beherglası 200 mL su ile doldurunuz. İlk sıcaklıklarını kaydediniz. Üç ısıtıcıyı da yakınız ve ilk beherglasın altına bir, diğerinin altına iki tane ısıtıcı gelecek şekilde, ısıtıcıları aynı anda yerleştiriniz. İki dakika bekleyiniz ve ispirto ocaklarını söndürünüz. Termometrelerden sıcaklık değerini tekrar okuyunuz ve kaydediniz.

3. Adım: Beherglaslardan birini 200 mL su, diğerini 200 mL sıvı yağ ile doldurunuz. Sıvıların ilk sıcaklıklarını kaydediniz. İki ısıtıcıyı yakınız ve her birini bir beherglasın altına gelecek şekilde aynı anda yerleştiriniz. İki dakika bekleyiniz ve ispirto ocaklarını söndürünüz. Termometrelerden sıcaklık değerini tekrar okuyunuz ve kaydediniz.

DENEYİN SONUÇLANDIRILMASI:

1. Isı alan maddelerde sıcaklık değişimiyle kütle arasındaki ilişki nedir?
2. Isı alan maddelerde sıcaklık değişimiyle maddeye verilen ısı miktarı arasındaki ilişki nedir?
3. Isı alan maddelerde sıcaklık değişimiyle maddenin cinsi arasındaki ilişki nedir?
4. Isı alan maddeler için sıcaklık değişimine yönelik matematiksel bir model oluşturunuz.

Isı alışverişi yapan sistemlerde ısı alan ve ısı veren maddelerin sıcaklığında meydana gelen değişim; maddeye verilen ısı miktarına, maddenin kütlesine ve cinsine bağlıdır. Maddenin cinsine bağlılık öz ısı kavramı ile açıklanmaktadır.

5.1.4 ÖZ ISI (ÖZGÜL ISI) VE ISI SIĞASI

Bir maddenin 1 gramının sıcaklığını 1 ^{o}C değiştirmek için maddeye verilmesi ya da maddeden alınması gereken ısı miktarına **öz ısı** adı verilir. Öz ısı c sembolü ile gösterilir. Birimi cal/g^{o}C ya da J/kg^{o}C şeklindedir. Öz ısı, maddeler için ayırt edici bir özelliktir. Madde miktarına bağlı değildir.

Suyun öz ısısı 1 cal/g^{o}C'dir ve 1 gram suyun sıcaklığını 1 ^{o}C artırmak için suya 1 cal ısı verilmesi gerektiğini ifade eder. Alüminyumun öz ısısı ise 0,21 cal/g^{o}C'dir ve 1 gram alüminyumun sıcaklığının 1 ^{o}C artırılması için alüminyuma 0,21 cal ısı verilmelidir. Bu iki örnekten eşit miktardaki iki maddeden öz ısısı düşük olanın sıcaklığını değiştirmek, öz ısısı büyük olanın sıcaklığını değiştirmekten daha az enerji gerektirir çıkarımı yapılabilir. Tablo 5.1.1'de bazı maddelerin 20 ^{o}C'deki öz ısı değerleri verilmiştir.

Tablo 5.1.1: Bazı maddelerin öz ısı değerleri

Madde	Öz Isı, cal/g^{o}C	Öz Isı, J/kg^{o}C
Gümüş	0,06	251
Bakır	0,09	377
Demir	0,11	461
Çelik	0,12	502
Pirinç	0,22	921
Tahta	0,42	1760
Buz	0,50	2093
Buhar	0,50	2093
Su	1,00	4187

Öz ısı, ısı alan ya da veren bir maddenin sıcaklığının ne kadar hızlı değiştiğinin bir göstergesidir. Öz ısısı yüksek olan maddelerin sıcaklık değişimi yavaş, düşük olanlarınki daha hızlı gerçekleşir.

Suyun öz ısısı 4,187 kJ/kg^{o}C'dir. İçerisinde %20 oranında su bulunduran kumun öz ısısı ise yaklaşık 1,5 kJ/kg^{o}C'dir. Kumun ve dolayısıyla karaların öz ısısı suyun dolayısıyla denizlerin öz ısısından daha küçüktür. Bu nedenle denizler karalardan daha geç ısınır ve daha geç soğur.

ÖRNEK SORU

Tencerelerde besinlerin konulduğu bölüm ve tencerenin sapında kullanılan malzemelerin öz ısılarını karşılaştırınız.

ÇÖZÜM

Tencerenin yemek pişirilen bölümünün öz ısısı, sap kısmının öz ısısından küçük olmalıdır. Böylece, bütün hâlinde aynı miktarda ısıya maruz kalan pişirme bölümünün sıcaklığı, tencere sapına oranla daha hızlı artar. Tencere sapının zor ısınıyor olması ise tencereye kullanım kolaylığı sağlar.

SIRA SİZDE 5

I. Tutacakların silikon malzemeden yapılması
II. Yazın metal takılar yerine genellikle ahşap takıların tercih edilmesi
III. Buzdolabından çıkarılan metal kutulu içeceklerde, sıvının metal kutuya göre daha geç ısınması

örneklerinden hangileri öz ısı kavramı ile ilgilidir?

Isı sığası (kapasitesi) bir maddenin sıcaklığını 1 °C değiştirmek için maddeye verilmesi ya da maddeden alınması gereken ısı miktarıdır. Maddenin cinsine ve miktarına bağlı olan ısı sığası C sembolü ile gösterilir. Isı sığasının matematiksel modeli

$$C=m.c$$

şeklindedir ve birimi cal/ °C ya da J/ °C'dir. Isı sığası, madde miktarına bağlı olduğu için ayırt edici bir özellik değildir.

Kütle ve öz ısısı yüksek olan maddelerin sıcaklığını değiştirmek için maddeye daha fazla ısı verilmesi ya da maddeden daha fazla ısı alınması gerekir.

ÖRNEK SORU

Öz ısısı yaklaşık 4200 J/kg°C olan suyun 1000 gramının sıcaklığını 1 °C artırmak için suya verilmesi gereken enerji miktarı kaç J olmalıdır?

ÇÖZÜM

Su için c=4200 J/kg°C verilmiştir. Bu değer 1 kg kütleli suyun sıcaklığının 1 °C artırılması için suya 4200 J enerji verilmesi gerektiğini ifade etmektedir.
1000 g=1 kg
olduğuna göre suya verilmesi gereken ısı enerjisi 4200 J'dür.

SIRA SİZDE 6

Bir bardak su ile bir sürahi suyun öz ısısı ve ısı sığasını karşılaştırınız.

a) Hangisini soğutmak daha zordur? Nedenini açıklayınız.

b) Hangisini ısıtmak daha zordur? Nedenini açıklayınız.

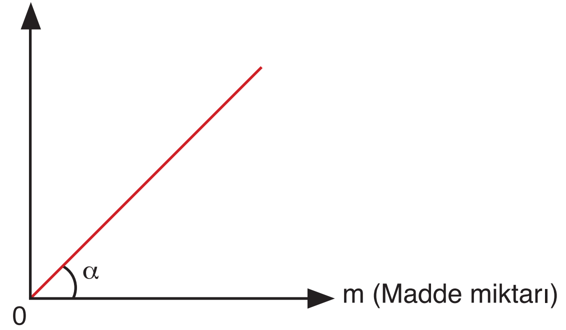
c) Suların sıcaklıklarını 1 °C artırmak için verilmesi gereken enerji miktarı, suların ilk sıcaklığına bağlı mıdır?

ç) Bardağın içinde 200 g, sürahinin içinde 1 kg su bulunuyor olsun. Bardaktaki suyun sıcaklığının 1 °C artırılması için E kadar enerji verilmesi gerekirse sürahideki suyun sıcaklığının 1 °C artırılması için kaç E kadar enerji verilmesi gerekir? (Bardak ve sürahinin ısınmaları ihmal edilecektir.).



Isı sığasının madde miktarına bağlı değişim grafiği Grafik 5.1.1'de verilmiştir. Grafiğin eğimi maddenin öz ısısını verir.

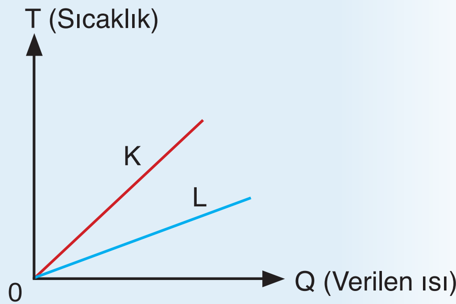
$$\text{Eğim} = \frac{\text{Isı sığası}}{\text{Kütle}} = \text{Öz ısı}$$



Grafik 5.1.1: Isı sığasının madde miktarına bağlı değişim grafiği

ÖRNEK SORU

K ve L saf maddelerinin sıcaklıklarının verilen ısıya bağlı değişim grafiği aşağıda gösterilmiştir.



K ve L'nin kütleleri sırasıyla m_K ve m_L, öz ısıları c_K ve c_L, ısı sığaları C_K ve C_L olduğuna göre,

I. $m_K = m_L$ ise $c_K > c_L$

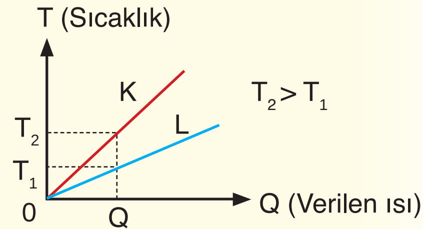
II. $c_K = c_L$ ise $m_L > m_K$

III. $C_L > C_K$

ifadelerinden hangileri doğrudur?

ÇÖZÜM

K ve L saf maddelerinin sıcaklıklarının verilen ısıya bağlı değişim grafiğinde, verilen herhangi bir Q ısısına karşılık K maddesindeki sıcaklık değişiminin L'ninkinden büyük olduğu görülmektedir.



Isı sığası küçük olan maddelerde sıcaklık değişimi daha hızlı olduğu için III numaralı önerme doğrudur.

$C_L > C_K$ ifadesinden yola çıkıldığında

$c_L.m_L > c_K.m_K$

olur. Buna göre,

$m_K = m_L$ ise $c_L > c_K$

olur. I numaralı önerme yanlıştır.

$c_K = c_L$ ise $m_L > m_K$

olur. II numaralı önerme doğrudur.

SIRA SİZDE 7

Isı sığasının madde miktarına bağlı değişim grafiğinde eğimin büyük olması ne anlama gelir?

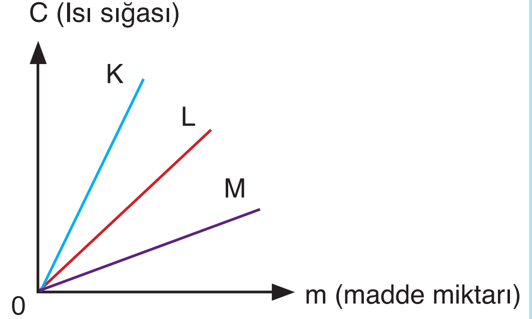
SIRA SİZDE 8

K, L ve M maddelerine ait ısı sığasının madde miktarına bağlı değişim grafiği şekildeki gibidir. Buna göre,

a) Maddelerin öz ısılarını karşılaştırınız.

b) Hangi maddenin sıcaklığında değişim yapmak daha zordur (daha fazla enerji gerektirir)?

c) Bir tost makinesi imal edecek olsaydınız tost makinesinde ekmeğin yerleştirildiği kısmı ile tutacak ve ayak kısımlarını bu malzemelerden hangilerini kullanarak yapardınız? Nedenini açıklayınız.



SIRA SİZDE 9

Denizlerin karalardan daha geç ısınıp daha geç soğuyor olma nedenini ısı sığası kavramıyla tekrar açıklayınız.

Saf bir madde ısı aldığında ya da bu maddeye ısı verdiğinde (hâl değişimi sıcaklığında olmayan) maddenin sıcaklığı değişir. Sıcaklıktaki bu değişim; ısı miktarına, maddenin kütlesine ve maddenin öz ısısına bağlıdır. Alınan ya da verilen ısı Q, maddenin kütlesi m, öz ısı c ve sıcaklık değişimi ΔT olmak üzere bu nicelikler arasında

$$Q=m.c.\Delta T$$

ilişkisi vardır.

Bu matematiksel modelden sıcaklık değişiminin

$$\Delta T = \frac{Q}{m.c}$$

olduğu görülür. Sıcaklık değişimi maddeye verilen ya da maddeden alınan ısı miktarı ile doğru, madde miktarı ve öz ısı ile ters orantılıdır.

ÖRNEK SORU

r yarıçaplı demir bir kürenin sıcaklığını 5 °C artırmak için küreye Q kadar ısı enerjisi verilmesi gerekmektedir.
Buna göre, demirden yapılmış 2r yarıçaplı başka bir demir kürenin sıcaklığının
5 °C azalması için küre, kaç Q ısı enerjisi kaybetmelidir?

ÇÖZÜM

Sıcaklık değişimi kütle ile ters orantılıdır.

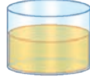
Hacmi $\frac{4}{3}\pi r^3$ olan bir r yarıçaplı kürenin kütlesi m olsun.

Bu durumda 2r yarıçaplı kürenin kütlesi bulunurken $\frac{4}{3}\pi (2r)^3$ şeklinde r yerine 2r yazılır.

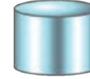
Buradan $\frac{4}{3}\pi .8r^3$ bulunur ve $8\cdot\frac{4}{3}\pi r^3$ şeklinde düzenlenirse bu kürenin kütlesinin 8m olduğu görülür. m kütleli kürenin sıcaklığının 5 °C artması için küreye Q kadar ısı enerjisi verilmesi gerekiyorsa 8m kütleli kürenin sıcaklığının aynı miktarda artması için 8Q kadar ısı verilmesi gerekir.
Benzer şekilde 8m kütleli kürenin sıcaklığının 5 °C azalması için kürenin 8Q kadar ısı enerjisi kaybetmesi gerekir.

SIRA SİZDE 10


Su
c_{su}=4200 J/kg°C


Sıvı yağ
$c_{yağ}$=2000 J/kg°C


Ahşap
$c_{ahşap}$=1700 J/kg°C


Demir
c_{demir}=450 J/kg°C

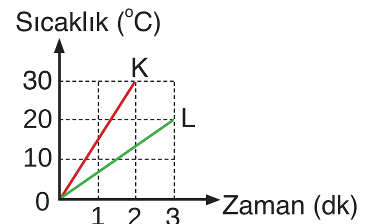
Şekilde verilen maddeler eşit kütlededir. Buna göre,
a) Hangisini ısıtmak daha zordur?
b) Hangisini soğutmak daha zordur?

SIRA SİZDE 11

Kütlesi m, öz ısısı c olan bir cismin sıcaklığının T kadar artması için cisme Q kadar enerji verilmesi gerekiyor.
Buna göre kütlesi 4m, öz ısısı 2c olan bir cismin sıcaklığının T kadar artması için cisme verilmesi gereken enerji kaç Q'dur?

SIRA SİZDE 12

Eşit kütleli K ve L cisimlerinin zamana bağlı sıcaklık değişim grafiği verilmiştir.
Cisimler özdeş ısıtıcılarla ısıtıldığına göre,
a) K ve L cisimlerinin ısı sığaları arasındaki ilişki nedir?
b) K ve L cisimleri aynı maddeden yapılmış olabilir mi? Açıklayınız.



5.2 HÂL DEĞİŞİMİ

Bu Bölümde Öğrenilecek Anahtar Kavramlar

Hâl değişimi



Maddenin laboratuvar ortamında gözlemlenebilmiş, farklı bir fiziksel durumu Bose-Einstein yoğuşmasıdır (BEY). Satyendra Bose (Satyentra Boos) ve Albert Einstein'ın 1920 yılında öngörmüş olduğu bu fiziksel durumu Eric Cornell (Erik Kornıl), Carl Weiman (Karl Vaymın) ve Wolfgang Ketterle (Volfgang Ketırli) 1995'te laboratuvar ortamında oluşturmayı başarmışlardır. Rubidyumu yaklaşık mutlak sıfır sıcaklığına kadar soğutmayı başaran bilim insanları, moleküler hareketi durdurmaya yaklaşmışlardır. Neredeyse hiç kinetik enerjisi kalmayan atomların bir araya toplanarak tek bir atommuş gibi davrandıklarını gözlemlemiş, bu yapıya "süper atom" adını vermişlerdir. Süper akışkanlık ve süper iletkenlik, bu fiziksel durumdaki maddenin ilginç özelliklerinden bazılarıdır. Cornell, Wieman ve Ketterle'ye 2001 Nobel Fizik Ödülü'nü kazandıran bu buluşun, daha hızlı ve küçük elektronik bileşenler üretilmesini sağlayacağı öngörülmektedir.

Hâl değişimi hayati bir olay mıdır?
Auroralar hangi fiziksel hâldedir?
Uçakların gökyüzünde bıraktıkları izler ile soğuk gecelerin ardından yapraklar üzerinde oluşan kırağı arasındaki ilişki nedir?

Bu soruların ve konuyla ilgili akla gelebilecek diğer soruların cevaplarına ünitenin bu bölümünde yer verilecektir. Hâl değişiminin ne olduğu ve hâl değişimine uğrayan saf maddelerde meydana gelen değişiklikler gibi konulara değinilecektir.

5.2.1 HÂL DEĞİŞİMİ VE ÇEŞİTLERİ

Evrende bulunan maddeler fiziksel hâllerine göre katı, sıvı, gaz ve plazma olmak üzere dörde ayrılmaktadır. Dünya'nın yaklaşık %71'i sıvı (deniz), %29'u katı (karalar) hâldeki maddelerden oluşmaktadır. Evrenin ise yaklaşık %99'luk kısmını plazma hâlindeki maddeler oluşturur.

Maddeler bir hâlden diğer bir hâle geçiş yapabilir. Bir maddenin hâl değiştirebilmesi için hâl değişimi sıcaklığında olması ve bu sıcaklıktayken maddeye ısı verilmesi ya da maddeden ısı alınması gerekmektedir (Basıncın hâl değişimine etkisi ileriki yıllarda anlatılacaktır.). Maddelerin bulundukları fiziksel hâle, **faz** denilmekte ve maddenin bir fazdan diğer faza geçişi **hâl değişimi** olarak tanımlanmaktadır.

Hâl değişimine verilebilecek en temel örnek, doğada kendiliğinden gerçekleşen su döngüsüdür (Görsel 5.2.1). Isı alarak buharlaşan ve gaz hâline gelen su, soğuk hava katmanları ile karşılaştığında yeryüzüne yağmur, kar ya da dolu şeklinde geri döner. Denizlere, akarsulara ya da toprağa sızarak yer altı sularına karışan su, tekrar ısı alarak buharlaşır ve bu şekilde döngü devam eder.

Hâl değişimi 8 çeşittir. Bu değişimler Şekil 5.2.1'de verilmiştir.



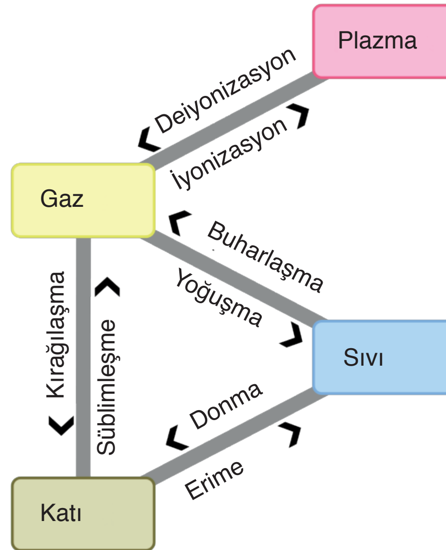
Görsel 5.2.1: Su döngüsü

Donma: Sıvı hâldeki bir maddenin ısı vererek katı hâle geçmesi olayıdır. Suyun buz hâline geçmesi örnek olarak verilebilir.

Erime: Katı hâldeki bir maddenin ısı alarak sıvı hâle geçmesi olayıdır. Katı çikolatanın erimesi bu olaya bir örnektir.

Süblimleşme: Isı alan katı hâldeki bir maddenin doğrudan gaz hâle geçmesi olayıdır. Naftalin ve kuru buz katı hâlden gaz hâle geçen maddeler arasındadır.

Kırağılaşma: Isı veren gaz hâldeki bir maddenin doğrudan katı hâle geçmesi olayıdır. Soğuk gecelerde havadaki su buharının doğrudan katı hâle geçerek kırağı oluşturması günlük hayattaki örneklerden biridir. Uçak motorundan çıkan su buharının aniden



Şekil 5.2.1: Hâl değişimleri

Meraklısına Bilgi



Maddenin dördüncü hâli olan plazma, yapısında çok sayıda iyon ve serbest elektron bulunduruan iyonize olmuş gazdır. Plazma yapılara auroralar, yıldızlar, floresan lambalar ve neon ışıklandırmalar örnek olarak verilebilir.

donarak uçağın ardında bir iz bırakıyormuş gibi görünmesinin nedeni de budur.

Buharlaşma: Sıvı hâldeki bir maddenin ısı alarak gaz hâline geçmesi olayıdır. Suyun gaz hâline geçişine verilebilecek en bilinen örneklerden biri çamaşırların kurumasıdır. Buharlaşma her sıcaklıkta gerçekleşir.

Yoğuşma: Gaz hâlindeki bir maddenin ısı vererek sıvı hâle geçmesi olayıdır. Metal kaşığa soluduğumuzda kaşık üzerinde oluşan su damlacıkları, ağzımızdan çıkan su buharının yoğuşmasıyla oluşmaktadır. Soğuk havalarda camlarımızın buğulanmasının nedeni ev içerisindeki su buharının yoğuşmasıdır.

İyonizasyon: Gaz hâlindeki bir maddenin plazma hâline geçmesi olayıdır. Kutup ışıkları (auroralar), iyonize olmuş atmosfer gazlarıdır.

Deiyonizasyon: Plazma hâlindeki bir maddenin gaz hâline geçmesi olayıdır. Yanmakta olan bir neon lamba kapatıldığında iyonize hâldeki parçacıklar gaz hâline geri döner.

SIRA SİZDE 13

Buzdolabının dondurucu bölümünün kapağı açıldığında buhar çıkışı gözlenir. Bu olayı hâl değişimini dikkate alarak açıklayınız.

Hâl değişimi için belirli şartların sağlanması gerekmektedir. Örneğin katı hâldeki saf bir maddenin sıvı hâle geçebilmesi için erime sıcaklığına ulaşması gerekmektedir. Benzer şekilde sıvı hâldeki saf bir maddenin kaynayarak gaz hâle geçebilmesi için sıcaklığının kaynama sıcaklığına kadar arttırılması gerekmektedir. Erime sıcaklığı donma sıcaklığına, kaynama sıcaklığı da yoğuşma sıcaklığına eşittir.

Bazı saf maddelere ait erime-donma ve kaynama-yoğuşma sıcaklıkları Tablo 5.2.1'de verilmiştir.

Tablo 5.2.1: Bazı saf maddelere ait yaklaşık erime-donma ve kaynama-yoğuşma sıcaklıkları

Madde	Erime-Donma Sıcaklığı (°C)	Kaynama-Yoğuşma Sıcaklığı (°C)
Oksijen	-218	-182
Azot	-209	-195
Alkol	-130	78
Cıva	-38	356
Su	0	100
Altın	1064	2807

SIRA SİZDE 14

Erime ve kaynama sıcaklıkları verilen maddelerin 10 °C'deki fiziksel hâllerini belirleyerek aşağıdaki boşluklara yazınız.

Madde	Erime Sıcaklığı (°C)	Kaynama Sıcaklığı (°C)
K	-30	20
L	0	100
M	40	80
N	-40	50
P	8	40

Madde	10°C'deki Fiziksel Hâli
K	
L	
M	
N	
P	

SIRA SİZDE 15

Sıvı termometrelerde su yerine cıva kullanılmasının nedenini erime sıcaklıkları açısından açıklayınız.

Kaynama, buharlaşmanın özel bir durumudur. Kaynama ile buharlaşma arasındaki farklar Tablo 5.2.2'de verilmiştir.

Tablo 5.2.2: Kaynama ve buharlaşma arasındaki farklar

Kaynama	Buharlaşma
Belirli bir sıcaklıkta gerçekleşir.	Bütün sıcaklıklarda gerçekleşir.
Dış enerji kaynağına ihtiyaç vardır.	Ortamdan alınan ısıyla gerçekleşebilir.
Sıvının tamamında gerçekleşir.	Yalnızca yüzeyde gerçekleşen bir olaydır.
Hızlı ve gürültülü bir süreçtir.	Yavaş ve sessiz gerçekleşir.
Sıcaklık sabit kalır.	Genellikle sıvının sıcaklığı düşer.

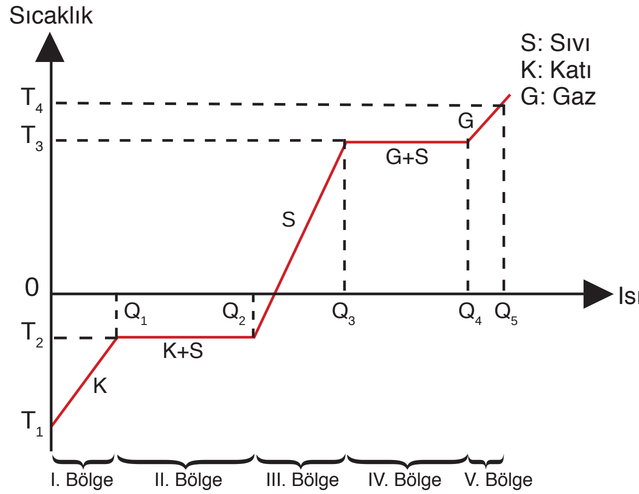
SIRA SİZDE 16

Suyun her sıcaklıkta buharlaşabilmesinin günlük hayatta oluşturduğu avantajlar nelerdir? Örneklerle açıklayınız.

Hâl değişim sıcaklığında bulunmayan maddeler çevreye ısı verdiklerinde sıcaklıkları düşer. Sıcaklıkları azalarak hâl değiştirme sıcaklığına ulaşan madde ısı vermeye devam ettiğinde hâl değişimine uğrar.

Benzer şekilde hâl değişim sıcaklığında bulunmayan maddelere ısı verildiğinde sıcaklıkları artar. Hâl değiştirme sıcaklığına ulaşan maddeye ısı verilmeye devam edildiğinde madde hâl değiştirir. Hâl değiştirme sürecinde saf maddeler ile saf olmayan maddeler arasında farklılıklar vardır.

Başlangıçta katı hâlde olan bir saf maddenin sıcaklığının verilen ısıya bağlı olarak değişimi Grafik 5.2.3'te verilmiştir. Bu grafik **hâl değişimi grafiği** olarak da adlandırılmaktadır.



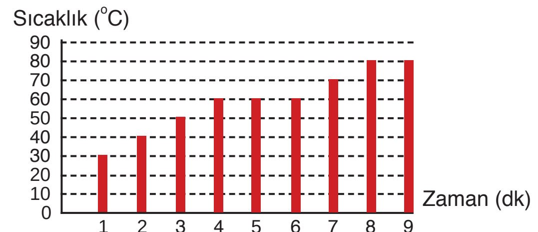
Grafik 5.2.3: Saf bir maddeye ait hâl değişim grafiği

Grafikten çıkarılacak sonuçlar şunlardır:

- I. bölgede katı hâlde bulunan maddeye Q_1 kadar ısı verilmiş ve sıcaklığı T_1'den T_2'ye çıkmıştır.
- II. bölgede maddeye Q_2-Q_1 kadar ısı verilmesine rağmen sıcaklığında bir değişim olmadığı görülmektedir. Çünkü T_2, bu maddenin erime sıcaklığıdır ve maddenin tamamı eriyinceye kadar sıcaklığı değişmez; verilen enerji hâl değişimi için harcanır. Bu bölgede madde, katı ve sıvı hâlde karışım şeklindedir. Bölgenin başlangıcında katı hâlde olan madde, bölgenin sonunda tamamen sıvı hâle geçer. Madde hâl değiştirmiştir.
- III. bölgede sıvı maddeye Q_3-Q_2 kadar ısı verilmiş, maddenin sıcaklığı T_2'den T_3'e çıkmıştır.
- IV. bölgede maddeye Q_4-Q_3 kadar ısı verilmiştir. Kaynama sıcaklığında olan maddenin sıcaklığında değişim olmamıştır. Bu bölgede madde, sıvı ve gaz hâlde karışım şeklindedir. Bölgenin başlangıcında sıvı hâlde olan madde, bölgenin sonunda tamamen gaz hâle geçer. Madde hâl değiştirmiştir.
- V. bölgede tamamen gaz hâlinde bulunan madde Q_5-Q_4 kadar ısı alarak sıcaklığını T_3'ten T_4'e çıkarmıştır.

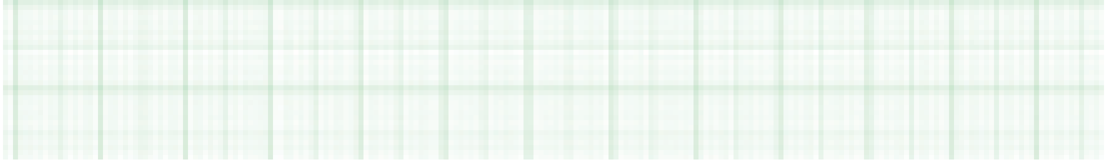
SIRA SİZDE 17

Saf X maddesine ait zamana bağlı sıcaklık değişimi grafiği verilmiştir.
Grafiğe göre X maddesinin hâl değişim sıcaklıklarını belirleyiniz.



SIRA SİZDE 18

-20 °C'deki buzun 120 °C sıcaklığa ulaşıncaya kadar geçen sürecin sıcaklık-ısı grafiğini çiziniz.



Isı alan ya da veren maddelerin sıcaklıklarındaki değişimin maddeye verilen ya da maddeden alınan ısıya, maddenin miktarına ve cinsine bağlı olduğu bilgisi verildi. Saf maddelerde hâl değişiminin nelere bağlı olduğunu belirlemek için "Hâl Değişimi" deneyini yapınız.

DENEYEREK KEŞFEDELİM

DENEYİN ADI
Hâl Değişimi

DENEYİN AMACI
Maddelerde hâl değişimi için gerekli olan ısı miktarının bağlı olduğu değişkenlerin belirlenmesi

KULLANILAN MALZEMELER
2 adet üçayak, 2 adet amyant tel, 3 adet beherglas, 2 adet özdeş ısıtıcı, 800 g buz, 200 g çikolata, kibrit ve saat





UYARI: ***İspirto ocaklarını kullanırken dikkatli olunuz.***

DENEY DÜZENEĞİNİN HAZIRLANIŞI:
Üçayakların üzerine amyant telleri yerleştiriniz.

DENEYİN YAPILIŞI:
1. *Adım: Beherglaslardan birine 200 g, diğerine 400 g buz koyunuz. Isıtıcıları yakınız ve her birini bir beherglasın altına gelecek şekilde aynı anda yerleştiriniz. Buzların tamamen eriyerek su hâline gelme sürelerini ayrı ayrı ölçünüz ve kaydediniz.*
2. *Adım: Beherglaslardan birine 200 g buz, diğerine 200 g çikolata koyunuz. Isıtıcıları yakınız ve her birini bir beherglasın altına gelecek şekilde aynı anda yerleştiriniz. Buzun ve çikolatanın tamamen eriyerek sıvı hâline gelme sürelerini ayrı ayrı ölçünüz ve kaydediniz.*

DENEYİN SONUÇLANDIRILMASI:
1. *Hâl değişimi madde miktarına bağlı mıdır? Açıklayınız.*
2. *Hâl değişimi maddenin cinsine bağlı mıdır? Açıklayınız.*
3. *Bir yerine ikişer adet ısıtıcının kullanılması deney sonucunu etkiler mi? Açıklayınız.*
4. *Buz ve çikolatanın küçük parçalar hâline getirildikten sonra deneyde kullanılması, deneyin sonucunu etkiler mi? Açıklayınız.*

Meraklısına Bilgi



Belirli şartlar altında sıcak su, soğuk sudan daha hızlı donar. Bu olaya Mpemba (Pemba) etkisi adı verilmektedir. Tanzanya'da yaşayan Mpemba adlı öğrenci 1963'te bu gözlemini paylaşmış, bu olayı bilim dünyasında tartışma konusu yapmıştır.

Saf bir maddenin hâl değiştirmesi için gereken ısı, maddenin miktarına ve cinsine bağlıdır. Sıcaklık değişiminde olduğu gibi hâl değişiminde de madde miktarı arttıkça hâl değişimi için gerekli olan ısı miktarı artar. Hâl değişiminde maddenin cinsine bağlı olan nicelik, hâl değiştirme ısısı kavramı ile verilmektedir.

HÂL DEĞİŞTİRME ISISI

Erime sıcaklığındaki 1 gram katı maddenin sıvı hâle geçebilmesi için maddeye verilmesi gereken ısı miktarına **erime ısısı** adı verilmektedir. Erime ısısı L_e ile gösterilir, birimi cal/g'dır. Donma sıcaklığındaki 1 gram sıvı maddenin katı hâle geçebilmesi için dışarı vermesi gereken ısı miktarına **donma ısısı** denir. Donma ısısı L_d ile gösterilir, birimi cal/g'dır. Erime sıcaklığının donma sıcaklığına eşit olması gibi erime ısısı da donma ısısına eşittir.

$$L_e=L_d$$

Kaynama sıcaklığındaki 1 gram sıvı maddenin gaz hâle geçmesi için maddeye verilmesi gereken ısı miktarına **buharlaşma ısısı** denir. Buharlaşma ısısı L_b ile gösterilir ve birimi cal/g'dır. Yoğuşma sıcaklığındaki 1 gram gaz maddenin sıvı hâle geçmesi için dışarı vermesi gereken ısı miktarına **yoğuşma ısısı** denir. Yoğuşma ısısı L_y ile gösterilir, birimi cal/g'dır. Buharlaşma ve yoğuşma ısıları arasında

$$L_b=L_y$$

ilişkisi vardır.

Hâl değiştirme ısısı maddeler için ayırt edici bir özelliktir. Bazı maddelere ait hâl değiştirme ısıları Tablo 5.2.4'te verilmiştir.

Tablo 5.2.4: Bazı maddelerin yaklaşık erime-donma ve buharlaşma-yoğuşma ısıları

Madde	Erime-Donma Isısı (cal/g)	Buharlaşma-Yoğuşma Isısı (cal/g)
Cıva	2,7	70,5
Altın	15	392
Alkol	25	104
Gümüş	25	564
Demir	64	1503
Su	80	540

Q ısı, m kütle ve L hâl değiştirme ısısı olmak üzere, hâl değişimi için gerekli olan ısının matematiksel modeli

$$Q=m.L$$

şeklindedir. Matematiksel modelden görüleceği üzere hâl değişimi için gerekli olan enerji hâl değiştirme ısısı ve kütleyle doğru orantılıdır.

Eşit kütlede alınan farklı cinsteki iki maddenin hâl değiştirmesi için gerekli olan ısı miktarı maddelerin hâl değiştirme ısıları ile doğru orantılıdır. Hâl değiştirme ısısı büyük olan maddeye daha fazla ısı enerjisi verilmelidir.

Hâl değişimi için gerekli ısı miktarı, madde miktarına da bağlı olduğu için madde miktarı arttıkça hâl değişimi için gerekli enerji miktarı da artmaktadır. Örneğin 1 gram suyun buz hâline geçmek için dışarı vermesi gereken enerji 80 cal iken 100 gram suyun donması için dışarı vermesi gereken enerji 8000 cal'dir.

ÖRNEK SORU

Başlangıçta eşit kütleli ve erime sıcaklığındaki K, L ve M maddeleri katı hâldedir. Bu maddeler özdeş kaplara konularak özdeş ısıtıcılarla eşit süre ısıtıldığında şekildeki durum gözleniyor.



Buna göre K, L ve M maddelerinin erime ısıları arasındaki ilişki nedir?

ÇÖZÜM

K, L ve M maddelerine eşit miktarda ısı verilmesine rağmen en çok M, en az K maddesinin eridiği görülmektedir. Erime ısısı ne kadar küçükse madde o kadar az ısı ile hâl değiştirebilir. Erime ısısı ne kadar büyükse erimesi için verilmesi gereken ısı da o kadar büyük olur.

K, L ve M maddelerinin erime ısıları sırasıyla L_K, L_L ve L_M olmak üzere aralarındaki ilişki $L_K > L_L > L_M$ dir.

SIRA SİZDE 19

Başlangıçta katı hâlde olan ve özdeş ısıtıcılarla ısıtılan K ve L saf maddelerinin ısıya bağlı sıcaklık değişimi grafikte verilmiştir.

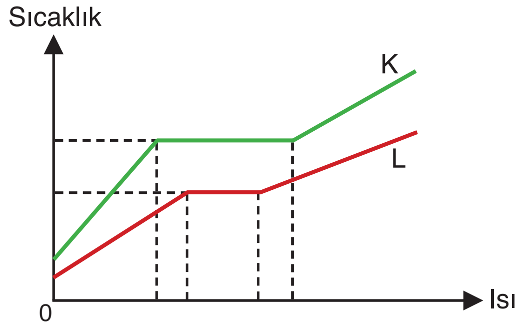
Buna göre,

a) K ve L aynı cins madde olabilir mi? Neden?

b) Hangisinin fiziksel hâlini değiştirmek için daha fazla ısı enerjisi gerekir?

c) K ve L maddeleri eşit kütlede ise erime ısıları arasındaki ilişki nedir?

ç) K ve L'nin hâl değişimi için geçen süreler hakkında yorum yapılabilir mi? Açıklayınız.

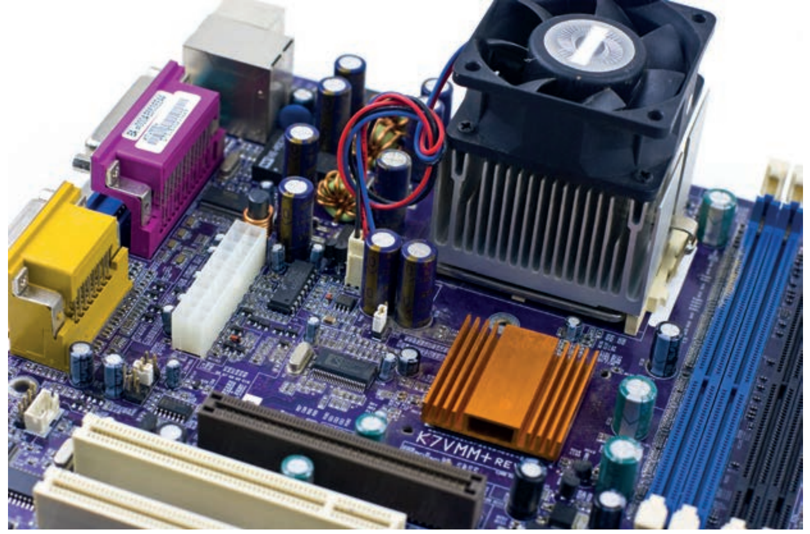


Hâl değişimi sıcaklık değişiminden daha yüksek enerji gerektirmektedir. Örneğin 1 gram suyun sıcaklığını 1 °C değiştirmek için suya 1 cal ısı verilmesi yeterliyken, erime sıcaklığındaki 1 gram buzu su hâline getirmek için 80 cal, kaynama sıcaklığındaki 1 gram suyu buhar hâline getirmek için 540 cal ısı verilmesi gerekmektedir.

5.3 ISIL DENGE

Bu Bölümde Öğrenilecek Anahtar Kavramlar

Isıl denge



Günlük hayatın vazgeçilmez unsurlarından olan bilgisayarlar, gerçekleştirdiği işlemler sırasında ısınır. Isınma miktarı yapılan işlemlere göre değişiklik gösterir. Örneğin bilgisayar oyunları, merkezi işlem birimine (CPU) ve grafik işlem birimine (GPU) fazla yükleme yaptığından ısınma miktarını artırmaktadır. Bilgisayar açık olduğu sürece çalışan CPU ile GPU bilgisayarın en fazla ısı üreten devre elemanlarıdır.

Bilgisayar kasaları içerisindeki sıcaklık makul seviyelere indirilmediği takdirde parçaların verimli ve güvenli çalışması tehlikeye girer. Bunu engellemek amacıyla geliştirilen fanlı soğutucular, işlemcilerden aldıkları ısıyı dışarı atmada görevlidir. Genellikle alüminyum plakalar şeklinde yapılmış ve üzerine fan bağlı bu soğutucular işlemciye temas edecek şekilde monte edilir. Plakalar, işlemciden ısı alır. Plakalar arasındaki hava ısınır ve pervaneler ısınan bu havayı ortamdan uzaklaştırır.

Bilgisayar kasasındaki soğutucunun sıcaklığı ile işlemcinin sıcaklığı arasındaki ilişki nedir?
Bir odadaki nesnelerin sıcaklığı aynı mıdır?
Çay neden soğur?

Bu soruların ve konuyla ilgili akla gelebilecek diğer soruların cevaplarına ünitenin bu bölümünde yer verilecektir. Isıl denge kavramı anlatılarak maddelerin ısıl dengeye gelme sürecinden bahsedilecektir. Isıl dengenin sıcaklık ve ısı ile ilişkisinin belirlenmesine yönelik deney yapılacaktır.

5.3.1 ISIL DENGE KAVRAMI

Isı, etkileşim hâlindeki ve sıcaklıkları birbirinden farklı iki sistem arasında alınan ya da verilen enerjidir. Isı, sıcaklığı yüksek olan sistemden düşük olan sisteme aktarılır. “Bu sistemlerden hangisi ısıyı alır?” sorusunun cevabı “Sıcaklığı düşük olan alır.”, “Hangisi ısı verir?” sorusunun cevabı ise “Sıcaklığı yüksek olan verir.” şeklindedir. Bu aktarımın hangi aşamaya kadar devam ettiğini anlamak için “Isıl Denge” deneyini yapınız.

DENEYEREK KEŞFEDELİM

DENEYİN ADI	DENEYİN AMACI	KULLANILAN MALZEMELER
Isıl Denge	***Denge sıcaklığının belirlenmesi***	***1 adet üçayak, 1 adet amyant tel, 1 tanesi geniş tabanlı olmak üzere 2 adet beherglas, 1 adet ısıtıcı, 2 adet laboratuvar termometresi, su ve kibrit***




DENEY DÜZENEĞİNİN HAZIRLANIŞI:

Üçayağın üzerine amyant teli yerleştiriniz. Beherglasları bir miktar su ile doldurunuz.

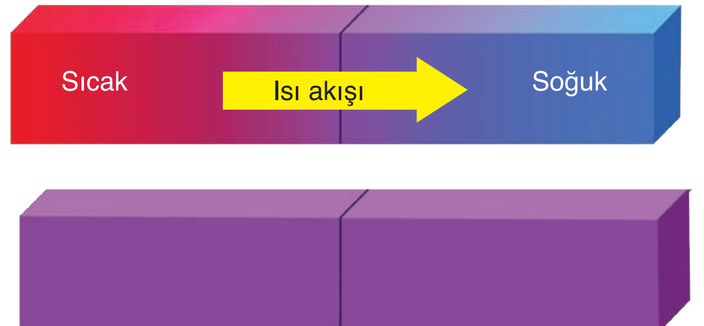
DENEYİN YAPILIŞI:

Küçük beherglası, üçayağın üzerine yerleştirdiğiniz amyant telin üzerine koyunuz. Isıtıcıyı yakarak üçayağın altına yerleştiriniz ve bir süre suyun ısınmasını bekleyiniz. Isınan suyun sıcaklığını ölçünüz ve kaydediniz.
Geniş tabanlı beherglasın içindeki suyun sıcaklığını ölçünüz ve kaydediniz.
İçinde su olan geniş tabanlı beherglas içerisine, içinde sıcak su olan küçük beherglası yerleştiriniz. Termometrelerin birini soğuk, diğerini sıcak suyun içine yerleştiriniz. Belirli aralıklarla sıcaklık ölçümlerini yaparak kaydediniz.

DENEYİN SONUÇLANDIRILMASI:

1. *Beherglasların içindeki suların sıcaklıkları nasıl değişti?*
2. *Beherglasların içindeki suların sıcaklıkları eşitlendi mi?*
3. *Hangi beherglastaki su ısı aldı, hangi beherglastaki su ısı verdi?*

Deneyden de görüleceği üzere temas hâlindeki sistemlerden sıcaklığı yüksek olanın sıcaklığı azalırken düşük olanın sıcaklığı artar. Bunun sebebi ısı enerjisinin, yüksek sıcaklıktaki sistemden düşük sıcaklıktaki sisteme doğru akmasıdır (Şekil 5.3.1). Isı veren sistemin moleküllerinin enerjisi, dolayısı ile sıcaklığı düşer. Isı alan sistemin moleküllerinin enerjisi artar ve sıcaklığı yükselir. Isı alışverişi her iki sistemin de sıcaklıkları eşit oluncaya kadar devam eder.



Şekil 5.3.1: Isı akışı

Farklı sıcaklıktaki ve temas hâlindeki sistemlerin ısı alışverişi sonucunda ulaştıkları son sıcaklığa **denge sıcaklığı** adı verilir ve denge sıcaklığı T_D ile gösterilir. Böyle sistemler **ısıl (termal) dengedeki sistemler** olarak adlandırılır. Termal dengedeki sistemlerin sıcaklıkları birbirine eşittir. Denge sıcaklığı, sıcaklığı düşük olan sistemden daha düşük ve sıcaklığı yüksek olan sistemden daha yüksek olamaz.

Sıcaklıkları farklı, çevreden izole edilmiş ve birbirleriyle temas hâlindeki iki sistemden birinin verdiği ısı, diğerinin aldığı ısıya eşittir. Bu durumun matematiksel modeli

$$\text{Alınan ısı } (Q_A) = \text{Verilen ısı } (Q_V)$$

şeklindedir.

Isı alan sistemlerin iç enerjisi artar. Isı veren sistemlerin iç enerjisi azalır.

SIRA SİZDE 20

Bir A cismi ayrı ayrı B ve C cisimleri ile termal dengededir. B cisminin sıcaklığı 25 °C olduğuna göre,
a) A cisminin sıcaklığı kaç °C'dir?
b) C cisminin sıcaklığı kaç °C'dir?
c) Cisimler arasında ısı alışverişi olur mu?

SIRA SİZDE 21

Termometrelerle sıcaklık ölçümünü termal denge kavramını kullanarak açıklayınız.

SIRA SİZDE 22

Aşağıda verilenlerden hangileri, termal dengedeki sistemlere verilecek örneklerdendir?

I. Birbirlerinden izolasyon malzemesi ile tamamen ayrılmış, aynı sıcaklıktaki iki madde
II. Sıcak kalorifer peteğinin yakınında yeterince beklemiş bir madde
III. Birbirine temas eden aynı sıcaklıktaki iki madde
IV. Birbirine temas eden biri sıcak, diğeri soğuk iki madde

ENERJİ İLETİM YOLLARI VE ENERJİ İLETİM HIZI

5.4

Bu Bölümde Öğrenilecek Anahtar Kavramlar

Enerji iletim hızı
Isı yalıtımı
Hissedilen sıcaklık
Küresel ısınma



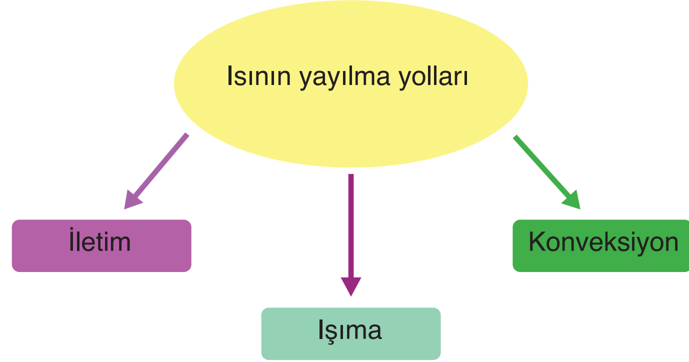
2013 yılında Pasifik Akvaryumu'nda düzenlenen Okyanus Araştırması 2020 Ulusal Forumu'nda Kuzey Kutbu "öncelikli bölge" olarak belirlenmiştir. Jeofizikçi Marcia McNutt (Marsiya MekNat), Science (Sayns) dergisindeki yazısında Kuzey Kutbu'nun iklim değişikliklerinden en fazla etkilenecek bölgelerden birisi olduğunu belirtmiştir. Küresel ısınma ile buzsuzlaşan bir okyanusun yalnız hava ve deniz koşulları ile ekosistem dinamiklerini etkilemekle kalmayacağını; balıkçılığı, turizmi ve madenciliği de etkileyeceğini açıklamıştır. Bu forum sonucunda iklim değişiklikleri, ekonomik etkileri ve bu duruma insanların uyum sağlaması gibi konularda bilim insanlarının Kuzey Kutup ülkelerini bilinçlendirmelerinin gerektiği vurgulanmıştır.

Küresel ısınma nedir?
İglolarda neden pencere yoktur?
Neden tropikal bölgedeki sıcak hava, çöldeki sıcak havadan daha rahatsız edicidir?

Bu soruların ve konuyla ilgili akla gelebilecek diğer soruların cevaplarına ünitenin bu bölümünde yer verilecektir. Enerji iletim yolları incelenerek enerji iletim hızının hangi değişkenlere bağlı olduğu açıklanacaktır. Hissedilen ve gerçek sıcaklık kavramları arasındaki fark anlatılarak küresel ısınma hakkında bilgi verilecektir.

5.4.1 ENERJİ İLETİM YOLLARI

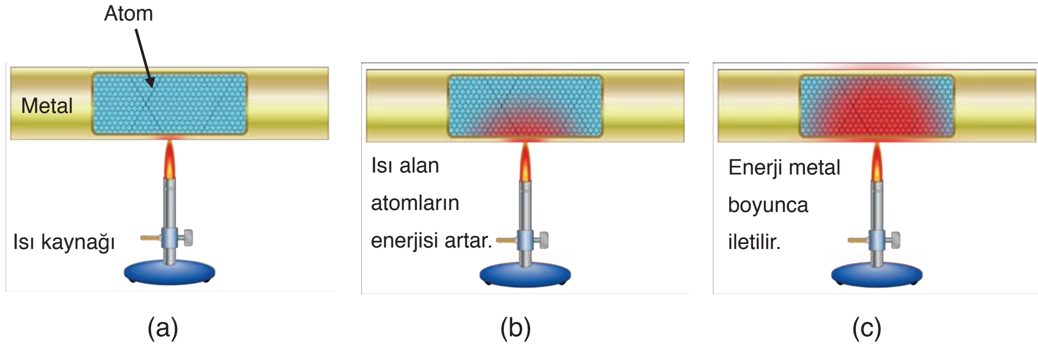
Isının; sıcaklıkları farklı, etkileşim hâlindeki sistemler arasındaki iletimi, maddenin cinsine ve fiziksel hâline göre değişiklik gösterir. Isının yayılma yolları Şekil 5.4.1'deki gibi üç çeşittir.



Şekil 5.4.1: Isının yayılma yolları

Isının İletim Yolu ile Transferi

Bir madde Şekil 5.4.2 a'daki gibi ısıtıldığında önce ısı kaynağına yakın olan atom ve moleküller enerji alır ve titreşimleri artar. Bu tanecikler yakınlarındaki taneciklere çarpar ve onların da enerji kazanarak titreşmesini sağlar (Şekil 5.4.2 b). Bu şekilde ısı enerjisi maddenin bir ucundan diğer ucuna kadar iletilmiş olur (Şekil 5.4.2 c).



Şekil 5.4.2: Katılarda ısı iletimi

Sıcak su dolu bardağa soğuk metal bir kaşık konulduğunda başlangıçta soğuk olan kaşığın sap kısmı, bir süre sonra ısınır (Şekil 5.4.3) ve tutulamayacak hâle gelebilir. Bunun sebebi ısının kaşığın bir ucundan sapına kadar iletim yolu ile yayılmasıdır.



Şekil 5.4.3: Isı iletim yolları

Isının iletim yolu ile yayılması, birbirine çok yakın olan madde atom ve moleküllerinin titreşim hareketini birbirine aktarması ile gerçekleşmektedir. Bu şekilde ısı aktarımı ancak taneciklerin birbirine çok yakın olduğu, katı hâldeki maddelerde gerçekleşir. Isı iletimi katı maddeler için ayırt edici bir özelliktir. Sıvı ve gaz hâldeki maddelerde ısının iletim yoluyla taşınması, ihmal edilecek kadar düşük olur.

SIRA SİZDE 23

Maddelerin ısı iletiminin yalnızca taneciklerinin yakınlığı açısından değerlendirildiğini varsayınız. Buna göre,

a) Maddenin sıcaklığı arttırıldığında madde üzerindeki ısı iletimi bu durumdan nasıl etkilenir?

b) Sıvı ve gaz hâldeki maddelerde ısının neden iletim yoluyla iyi transfer edilemediğini açıklayınız.

Isının Konveksiyon Yolu ile Transferi

Sıvı ve gaz hâldeki maddelerin tanecikleri, katı hâldeki maddelerin taneciklerine göre daha serbest hareket eder. Yalnızca titreşim hareketi değil, öteleme hareketi de yapabilir yani madde içinde bir noktadan diğer noktaya hareket edebilir.

Isının konveksiyon yoluyla iletimi ısı enerjisi yüksek taneciklerin düşük taneciklerle yer değiştirmesi şeklinde gerçekleşir. Bu olayın sebebi, sıcaklığı artan madde moleküllerinin hacminin genişlemesi ve bunun sonucunda da özkütlelerinin azalmasıdır.

Isı alan maddenin taneciklerinin arasındaki boşluk ve dolayısıyla maddenin hacmi artar. Görsel 5.4.1'deki gibi ısı kaynağına yakın olan bölgede gazın özkütlesi, uzak olan bölgeye oranla azalır. Özkütlesi azalan hava yükselirken daha soğuk ve özkütlesi büyük olan hava aşağı doğru iner. Isı kaynağı enerji verdiği sürece bu olay devam eder, odadaki sıcak ve soğuk hava sürekli yer değiştirir. Bu şekilde termal enerji, sıcaklığı yüksek olan bölgeden düşük olan bölgeye doğru aktarılmış olur.



Görsel 5.4.1: Odanın konveksiyon yoluyla ısınması

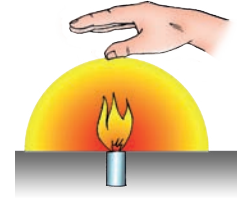
Sıcak çayın soğuma sebebi çevresiyle yaptığı ısı alışverişidir. Çevresine göre daha sıcak olan çaydan bardağa, bardaktan da havaya iletim yolu ile ısı akışı gerçekleşir. Çayı çevreleyen ve ısı alarak genleşen hava yükselir. Yükselen havanın yerini daha soğuk, daha yoğun hava alır. Bu alışveriş, çayın sıcaklığı çevresiyle eşit oluncaya yani çay soğuyuncaya kadar devam eder.

SIRA SİZDE 24

Etek ucu kalorifer peteklerinin üzerine gelen perdelerin etek ucunun dalgalanma sebebi nedir?

SIRA SİZDE 25

Mum alevine yaklaşıldığında belirgin bir ısınma hissi oluşmamasına rağmen şekildeki gibi elimizi mumun üzerine getirdiğimizde elimizin yanma hissinin sebebi nedir?



Isının Işıma Yolu ile Transferi

Isının iletim ve konveksiyon yolu ile taşınması için maddesel ortama ihtiyaç varken ısının ışıma yolu ile yayılması için hava ya da su gibi maddesel bir ortama ihtiyaç yoktur. Bu nedenle ısı ışıma yolu ile boşlukta da yayılabilir.

Isı enerjisinin ışınlarla dalgalar hâlinde yayılması olayına **ışıma** ya da **termal ışıma** denir. Sıcaklığı mutlak donma noktasından (-273,16 °C) yüksek olan her varlık ışıma yapar. Bu ışımalar elektromanyetik spektrumda kızılötesi bölgesine karşılık gelir ve bu bölgedeki ışımalar gözle algılanamaz. Bunun için termal kameralar geliştirilmiştir. Termal kameralar, ışımaları görünür hâle getiren düzeneklerdir. Işımanın şiddeti, ışıma yapan cismin sıcaklığıyla doğru orantılıdır.



Görsel 5.4.2: Kamp ateşinde ısınan çocuk

Bir kamp ateşinin yakınında durulduğunda (Görsel 5.4.2) ateşe dönük olan taraf daha fazla ısınır. Bunun sebebi kamp ateşine dönük tarafın termal ışımaya maruz kalmasıdır. Az miktardaki ısı, iletim ve konveksiyon yoluyla iletiliyor olsa da ısınma, ışıma yoluyla sağlanır. Kamp ateşiyle kıyaslanamayacak kadar yüksek sıcaklığa sahip olan Güneş'in yüzey sıcaklığı yaklaşık 5600 °C'dir. Dünya, Güneş'in yaptığı bu ışımalar sayesinde ısınmaktadır ve Güneş, Dünya üzerindeki yaşamın temel enerji kaynağıdır.

Çukur aynalarda ışınların odakta toplanması özelliğine bağlı olarak geliştirilmiş güneş ocakları (Görsel 5.4.3), ışıma enerjisinden yararlanılan düzeneklerden birisidir. Ocağın yansıtıcı yüzeyine çarpan Güneş ışınları, ocak içerisinde bir noktada toplanır. Pişirilecek ya da ısıtılacak besinler, Güneş'ten gelen ışınların odaklandığı bu noktaya yerleştirilir ve böylece Güneş ışığından daha fazla yararlanılır.



Görsel 5.4.3: Güneş ocağı

SIRA SİZDE 26

Evlerin çatılarına yerleştirilen güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin çalışmasını, enerji iletim yolları ile açıklayınız.

SIRA SİZDE 27

Aydınlatma sistemleri ısıtma sistemi olarak kullanılabilir mi? Açıklayınız.

SIRA SİZDE 28

Yanda verilen görseldeki ısı iletim yollarını açıklayınız.



5.4.2 KATI MADDELERDE ENERJİ İLETİM HIZI

Isı enerjisi, sıcaklığı yüksek olan sistemden düşük olan sisteme doğru akar. Kendiliğinden gerçekleşen bu durum, kimi zaman hayatı kolaylaştırırken kimi zaman zorlaştırmaktadır.

Ateşli hastalıklarda hastanın vücudu ıslak bezle silinir ya da hastaya ılık duş aldırılır. Bu şekilde vücuttan suya ısı enerjisi geçer ve hastanın vücut sıcaklığı düşer. Bu şekilde bir ısı kaybı

hayati önem taşımaktadır. Dağcıların ya da çok soğuk bölgelerde yaşayan insanların soğuktan yeterince korunmadığı durumlarda ise hipotermi gelişir. Hipotermi, vücut sıcaklığının 35 °C'nin altına düşmesi olayıdır. Vücutta gerçekleşen ısı kaybı vücut sıcaklığının düşmesine sebep olur ve uzun süre hipotermide kalan insanların hayatı tehlikeye girer.

Kış aylarında dışarıya göre sıcak olan evlerden, soğuk olan dış ortama doğru gerçekleşen ısı transferi de istenmeyen ısı transferlerine bir başka örnektir. Isı transferinin tamamen engellenmesi mümkün değildir ancak ısının iletim hızı yavaşlatılabilir. Bu şekilde enerji ve dolaylı olarak maddi kayıplar aza indirilebilir.

Isının iletim yolu ile transferinin yavaşlatılması için alınacak tedbirler belirlenmeden önce, katı maddelerde ısı iletim hızının nelere bağlı olduğu incelenmelidir. Bunun için "Isı İletim Hızı Maddenin Cinsine ve Uzunluğuna Bağlı mıdır?" ve "Isı İletim Hızında Yüzey Alanı Etkili midir?" deneylerini yapınız.

DENEYEREK KEŞFEDELİM

DENEYİN ADI
Isı İletim Hızı Maddenin Cinsine ve Uzunluğuna Bağlı mıdır?

DENEYİN AMACI
Katı maddelerde ısı iletim hızını etkileyen değişkenlerin belirlenmesi

KULLANILAN MALZEMELER
Bir adet ısı iletim maşası, küçük mumlar, toplu iğneler, ısıtıcı ve kibrit





DENEY DÜZENEĞİNİN HAZIRLANIŞI:

Bir mumu yakınız ve uç kısmının erimesini sağlayınız. Isı iletim maşasındaki her metal parçanın ucuna erimiş mumdan damlatınız ve birer adet toplu iğneyi, mum yardımıyla maşa üzerine dik bir şekilde sabitleyiniz.

Isı iletim maşasındaki metal çubuklardan herhangi biri üzerine, aralıklarla iki damla daha mum damlatınız. Bu damlaların üzerine birer adet toplu iğneyi dik bir şekilde yerleştiriniz.

DENEYİN YAPILIŞI:

Isıtıcıyı yakınız ve ısı iletim aletinin ortasına gelecek şekilde yerleştiriniz. Aynı metal parça üzerine yerleştirilmiş olan mumların düşme sürelerini ve metal parçaların uçlarındaki iğnelerin düşme sürelerini ayrı ayrı kaydediniz.

DENEYİN SONUÇLANDIRILMASI:

1. Hangi mum daha hızlı eridi?
2. Deneyde ısı iletim hızına etki eden değişken nedir?
3. Isıtıcılar daha güçlü olsaydı deney sonucunu nasıl etkilerdi?

DENEYEREK KEŞFEDELİM

DENEYİN ADI
Isı İletim Hızında Yüzey Alanı Etkili midir?

DENEYİN AMACI
Katı maddelerde ısı iletim hızını etkileyen değişkenlerin belirlenmesi

KULLANILAN MALZEMELER
1 paket katı yağ, 2 adet üçayak, 2 adet amyant tel, 2 adet özdeş beherglas, 2 adet ısıtıcı, kibrit ve bıçak





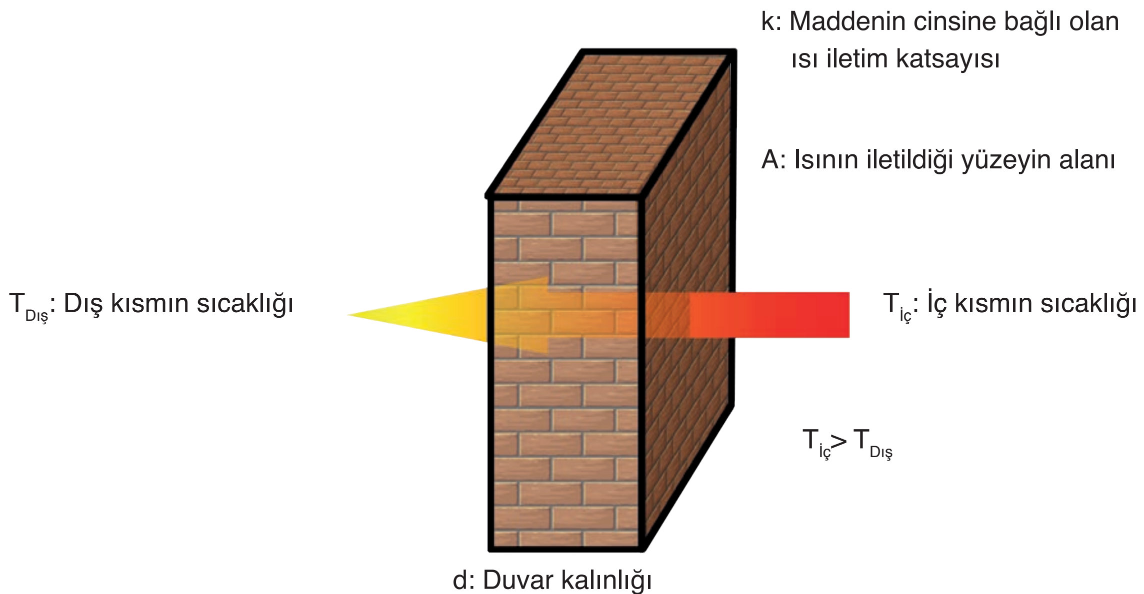
DENEY DÜZENEĞİNİN HAZIRLANIŞI:
Amyant telleri üçayakların üzerine yerleştiriniz. Katı margarin yağının uzunluğu 11 cm, kalınlığı 4 cm'dir. Yağı ortasından, kalınlığı 2 cm olacak şekilde dilimleyiniz ve iki özdeş parça elde ediniz. Bir parçayı bir beherglasa dik şekilde, diğer parçayı da öbür beherglasa yatay şekilde yerleştiriniz. Beherglasları amyant teller üzerine koyunuz.

DENEYİN YAPILIŞI:
Isıtıcıları çalıştırarak üçayakların altına yerleştiriniz. Yağların erime sürelerini kaydediniz.

DENEYİN SONUÇLANDIRILMASI:

1. *Hangi yağ daha hızlı eridi?*
2. *Deneyde ısı iletim hızına etki eden değişken nedir?*
3. *Isıtıcılar daha güçlü olsaydı deney sonucunu nasıl etkilerdi?*

Deneyden görüleceği üzere katı maddelerde ısı iletim hızı, maddede ısının iletildiği yüzeyin alanına, kalınlığına, iki yüzey arasındaki sıcaklık farkına ve maddenin cinsine bağlıdır. Isı iletim hızını etkileyen değişkenler Şekil 5.4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 5.4.4: Isı iletim hızının bağlı olduğu değişkenler

1. Yüzey Alanı

Isı iletiminde nesnenin yüzeyindeki her tanecik, iletim sürecine katılır. Geniş yüzeye sahip nesnelerin yüzeydeki tanecik sayısı fazla olduğu için enerji kaybı hızlı gerçekleşir. Örneğin boyutları dışında bütün özellikleri aynı olan iki pencereden, büyük olanda gerçekleşen ısı kaybı, küçük olana göre daha hızlı olur. Benzer şekilde büyük yüzeyli çatılarda meydana gelen ısı kaybı da küçük yüzeyli çatılara göre daha hızlı olmaktadır. Bu nedenle soğuk bölgelerdeki pencerelerin de boyutları küçüktür. Kutup bölgelerindeki Eskimo evlerinin (iglo) pek çoğunda pencere bile bulunmamaktadır.

2. Kalınlık

Isı iletim hızında ısının iletileceği ortam ya da nesnenin kalınlığı da etkilidir. Çünkü enerji ortam ya da malzeme boyunca hareket etmekte tanecikten taneciğe aktarılmaktadır. Kalınlık arttıkça ısı iletim hızı düşer. Duvarların kalın yapılmasının kışları kalın giysiler giyilmesinin sebebi, ısı kaybını en aza indirmektir.

SIRA SİZDE 29

Yalnızca soğuk bölgelerde değil, sıcak bölgelerde de evler için kalın duvarların tercih edilmesinin sebebi nedir?

SIRA SİZDE 30

Aynı malzemeden yapılmış kalın duvarlı fincanlar, ince duvarlı fincanlara göre içine konulan sıcak içecekleri daha hızlı soğutur. Bu durumu nasıl açıklarsınız? Bu durum, ısı iletim hızının kalınlıkla ters orantılı olmasına bir çelişki oluşturuyor mu?

3. Sıcaklık Farkı

Isının sıcaklığı yüksek olan sistemden düşük olan sisteme doğru aktarıldığını öğrenmiştiniz. Isı iletim hızı, sıcaklık farkıyla doğru orantılıdır. Örneğin dışarısı ne kadar soğuksa evlerin içinin sıcaklığını korumak da o kadar güç olur. Evlerin sıcaklığının sabit tutulması için kış ortasında tüketilen enerjinin kış başlangıcında tüketilen enerjiden daha fazla olmasının sebebi budur.

4. Maddenin Cinsi

Yeteri kadar uzun süre aynı ortamda bulunan nesneler ısıl dengeye ulaşır. Bu nedenle ortamdaki nesnelerin sıcaklıkları birbirine eşittir. Aynı odada bulunan metal bir kupa ve ahşap masaya dokunulduğunda sıcaklıkları aynı algılanmaz. Bunun sebebi metalin ısı iletkenliğinin daha iyi olmasıdır. Benzer bir örnek sokaklardaki banklar için verilebilir. Bankların metal

vidaları, ahşap oturma bölümünden daha soğuk algılanır. Bir diğer örnek ise yemek yaparken ahşap ya da silikon malzemeden yapılmış kaşıkların metal kaşıklara oranla daha fazla tercih edilmesidir.

Yapısında çok sayıda serbest elektron bulunduran malzemeler elektriği iyi ilettiği gibi ısıyı da iyi iletir. Bu tür malzemelere en iyi örnek metallerdir.

Isı iletkenlik katsayısı, 1m²lik yüzey alanına sahip ve iki yüzeyi arasında 1 °C sıcaklık farkı olan malzemenin bir yüzeyinden diğer yüzeyine en kısa mesafede, birim zamanda geçen ısı miktarıdır. Isı iletkenlik katsayısının birimi W/mK'dir (Watt/metre.kelvin). Isı iletkenlik katsayısı maddenin cinsine bağlı olduğu için maddelerin ayırt edici özellikleri arasında yer alır. Tablo 5.4.1'de bazı maddelerin ısı iletim katsayılarının yaklaşık değerleri verilmiştir.

Tablo 5.4.1: Bazı maddelerin yaklaşık ısı iletim katsayıları

Madde	İletkenlik Katsayısı (W/mK)
Strafor	0,0039
Hava	0,026
Yün keçe	0,04
Kaya yünü	0,04
Ahşap	0,12-0,04
Cam	0,8
Beton	0,8
Buz	1,6
Çelik	50
Alüminyum	205
Altın	314

Isı iletim katsayısı düşük olan maddelerin ısı iletim hızı da düşüktür. Bu tür maddelere **ısı yalıtkanı**, bu maddelerden yapılan malzemelere de **yalıtım malzemeleri** adı verilmektedir. Bu nedenle bina yapısında kaya yünü, cam elyafı veya strafor gibi ısı iletim katsayısı düşük malzemeler kullanılmakta, enerji kayıpları en aza indirilmeye çalışılmaktadır.

SIRA SİZDE 31

Bir inşaat mühendisi olsaydınız Tablo 5.4.1'de verilen malzemeleri yapının hangi bölümlerinde kullanırdınız?

Meraklısına Bilgi

ISO (Uluslararası Standartlık Örgütü) ve CEN (Avrupa Standartlar Komitesi) standardına göre ısı iletim katsayısı 0,065 W/mK değerinden küçük olan malzemeler ısı yalıtım malzemesi olarak tanımlanır.

Meraklısına Bilgi

Işıma enerjisindeki kayıpların aza indirilmesinin en pratik yolu yansıtıcı yüzeyler kullanmaktır. Termosların iç ve dış yüzeyinde gümüş gibi parlak malzemeler kullanılmasının nedeni budur. Termosa sıcak içecek konulduğunda içeceğin yaptığı ışımalar, termosun parlak yüzeyi sayesinde uzun süre içeride kalır. Bu şekilde soğuma gecikir. Termosa soğuk içecek konulduğunda ise termosun dışındaki ışımaların içeri girmesi, termosun parlak dış yüzeyi sayesinde engellenir. İçeceğin ısınması gecikir.

SIRA SİZDE 32

Aşağıda verilen cümleleri uygun ifadelerle tamamlayınız.

a) Dış cephe duvar kalınlığı …………… binalar daha geç soğur.
b) Evlerde en büyük ısı kaybı pencerelerde gerçekleşir. Bu sebeple evin dış cephe duvar yüzeyinin büyütülmesi ısı kaybını …...................
c) Dış cephe duvar yapısında ısı iletim katsayısı ……………… malzemelerin seçimi, yakıt tüketiminin azalmasını sağlar.
ç) Yaz ve kış aylarında evin içi ile dışarı arasındaki sıcaklık farkının yüksek olması, ısı iletim hızının …................... neden olur.

Isı yalıtımı yüksek binaların inşası hem aile hem de ülke ekonomisi için çok önemlidir. Örneğin doğal gaz ile ısıtılan bir binanın yalıtımı iyi yapıldığında ısınmak için tüketilen yakıt miktarı azalır. Diğer yandan yaz aylarında da evi soğutmak için tüketilecek elektrik enerjisi azalır. Isı yalıtım malzemelerinin doğru seçimi ısıtma-soğutma sistemlerinin ömrünü uzatır. Bu şekilde enerji kaynakları daha az tüketilirken kaynakların üretiminde açığa çıkan zararlı gaz miktarı ve dolayısıyla çevre kirliliği azalır.

SIRA SİZDE 33

Enerji Kimlik Belgesi, asgari olarak binanın enerji ihtiyacı, enerji tüketim sınıflandırması, yalıtım özellikleri ve ısıtma-soğutma sistemlerinin verimi ile ilgili bilgileri içeren bir belgedir. Enerji Kimlik Belgesi'ne göre tüm binalar A ve G harfleri aralığında bir enerji sınıfı alır. A verimli bina, G ise verimsiz bina anlamına gelir. Olması gereken, yapı ve yalıtım standartlarını tam olarak sağlayan bir bina ise C enerji sınıfı adını alır.

1 Ocak 2011 tarihinden itibaren Türkiye'de yeni yapılan binalarda yapı kullanım izinlerinin alınabilmesi için Enerji Kimlik Belgesi'nin çıkartılması zorunlu hâle getirilmiştir. Yeni yapılan binalara Enerji Kimlik Belgesi düzenlenebilmesi için Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'ne göre binanın sahip olması gereken yapı ve yalıtım standartlarını karşılayabilecek şekilde inşa edilmiş olması gerekmektedir. Aksi hâlde Enerji Kimlik Belgesi düzenlenemeyeceği için yapı kullanım izni de alınamayacaktır.

Aşağıdaki soruları metne göre cevaplandırınız.
a) Enerji Kimlik Belgesi, binaların hangi özelliği ile ilgilidir?
b) A sınıfı bir binada yaşamanın avantajları neler olabilir?
c) Yeni yapılan binaların enerji sınıfı, en az ne olmalıdır?
ç) Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'nin çıkarılmasının aile ve ülke ekonomisine ne gibi katkıları olacaktır?
d) "A enerji sınıfı bir bina, çevre dostudur." denilebilir mi? Sebebini açıklayınız.

PROJE

ENERJİ TASARRUFU İÇİN YAŞAM ALANLARININ YALITIMINA YÖNELİK TASARIMLAR	
İÇERİK	Enerji tasarrufu için yaşam alanlarının yalıtımına yönelik tasarım yapma
SÜRE	15 gün
BECERİLER	Araştırma, kavrama, yaratıcı düşünme, iletişim, iş birliği
BEKLENEN PERFORMANS	Araştırma yapma, rapor hazırlama, ürün tasarlama, sunum yapma
DEĞERLENDİRME	Puanlama anahtarı

PUANLAMA ANAHTARI

ÖLÇÜT KATEGORİLERİ	ÖLÇÜTLER	3 İYİ	2 ORTA	1 GELİŞTİRİLEBİLİR
Grup çalışması	1. Grup üyeleri üzerlerine düşen görevleri eksiksiz yerine getirdiler.			
	2. Grup üyeleri uyumlu çalıştılar.			
Araştırma yapma	1. En az üç kaynaktan yararlanıldı.			
	2. Farklı türde (İnternet, dergi vb.) kaynaklardan yararlanıldı.			
	3. Toplanılan bilgiler konuyla ilişkiliydi.			
Rapor hazırlama	1. Raporda tüm konu başlıklarına (çalışma süreci, ürünün tanıtılması vb.) yer verildi.			
	2. Raporda toplanılan bilgiler anlaşılır şekilde özetlendi.			
	3. Yazım kuralları doğru şekilde kullanıldı.			
	4. Dil bilgisi kuralları doğru şekilde kullanıldı.			
Ürün	1. Enerji tasarrufu için yaşam alanlarının yalıtımını sağlayacak ve bütçeye olumlu etki edecek bir ürün tasarlandı.			
	2. Günlük hayatta kullanılabilir bir ürün tasarlandı.			
	3. Tasarlanan ürün yaratıcıydı.			
	4. Tasarlanan ürün özgündü.			
Sunum	1. Sunumda tüm konu başlıklarına (elde edilen bilgiler, çalışma süreci, tasarlanan ürün vb.) yer verildi.			
	2. Yapılan çalışma anlaşılır şekilde ifade edildi.			
Eklemek istedikleriniz:				

Sevgili Öğrenciler,

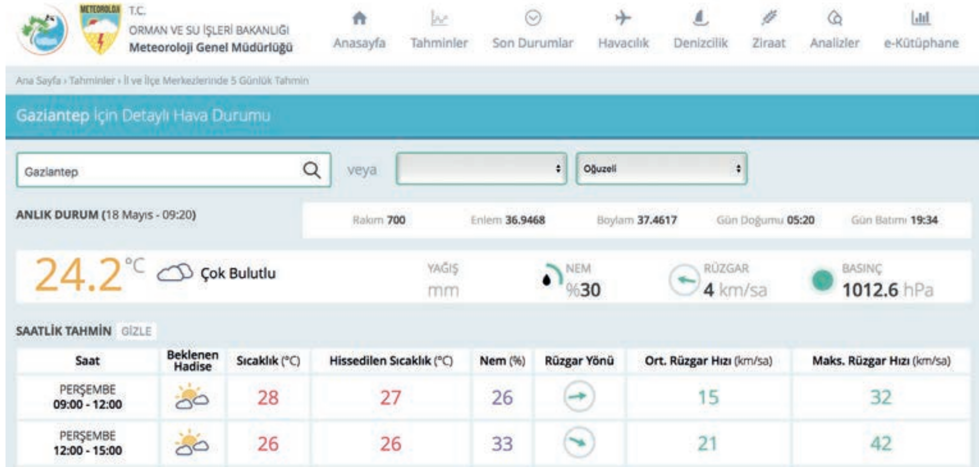
Bu çalışmada sizlerden enerji tasarrufu için yaşam alanlarının yalıtımı hakkında araştırma yapmanız, edindiğiniz bilgilerden yararlanarak enerji tasarrufu için yaşam alanlarının yalıtımını sağlayacak yeni ürünler tasarlamanız beklenmektedir.

Çalışmanız sırasında aşağıdaki adımları takip etmeniz sizlere kolaylık sağlayacaktır:

1. Dörder kişilik gruplar oluşturunuz.
2. Tasarım sürecinde yapacağınız çalışmaları planlayınız. Yapmış olduğunuz plan doğrultusunda görev dağılımı yapınız.
3. En az üç farklı türde kaynaktan enerji tasarrufu için yaşam alanlarının yalıtımı ve bütçeye olan etkisi hakkında bilgi toplayınız.
4. Topladığınız bilgilerden yararlanarak enerji tasarrufu için yaşam alanlarının yalıtımını sağlayacak yeni bir ürün tasarlayınız.
5. Tasarım sürecinde yapmış olduğunuz çalışmaları, edindiğiniz bilgileri ve tasarladığınız ürünün tanıtımını içeren bir rapor hazırlayınız.
6. Tasarladığınız ürünü tanıtan kısa bir sunum hazırlayınız.
7. Tasarladığınız ürünü ve raporunuzu öğretmeniniz tarafından belirlenen tarihte sınıfta sununuz.

Çalışma sürecinde sizin ve arkadaşlarınızın sergilediği performansı, puanlama anahtarında yer alan ölçütlerin ne oranda gerçekleştirildiğini belirterek değerlendirebilirsiniz.

HİSSEDİLEN SICAKLIK VE GERÇEK SICAKLIK



Görsel 5.4.4: Hava durumu raporu

Meteoroloji Genel Müdürlüğünün Genel Ağ adresinden alınmış bir görüntü Görsel 5.4.4'te verilmiştir. "SAATLİK TAHMİN" bölümünde "Beklenen Hadise"nin parçalı bulutlu bir gökyüzü olduğu net bir şekilde anlaşılmaktadır. Sıcaklıkla ilgili olarak da "Sıcaklık" ve "Hissedilen Sıcaklık" olmak üzere iki ayrı sıcaklık değeri verilmiştir. **Günün sıcaklığı ne olacaktır?**

Hissedilen sıcaklık, termometrenin ölçtüğü hava sıcaklığından farklı olarak insan vücudunun hissettiği sıcaklıktır. Bu sıcaklık değeri; havanın gerçek sıcaklığı, nem oranı, rüzgâr ve radyasyona bağlı bir niceliktir. Bu nicelik ölçülmez, sıcaklık ve nem oranı kullanılarak hesaplanır. Gün içerisinde bizleri etkileyecek olan sıcaklık değeri budur. Öte yandan giysiler, kişinin psikolojik durumu, sağlığı, vücut yapısı ve beslenmesi bile hissedilen sıcaklık değerini etkiler. Dolayısı ile sıcaklığı algılama kişiden kişiye farklılık gösterir.

SIRA SİZDE 34

Recep, akşam okuldan döndükten sonra tüm gün güneş alan salonlarına girdiğinde bunaldığını hisseder ve duvar termometresine bakar. Termometre 28 $^{\circ}$C'yi göstermektedir. Salonda unuttuğu suyu içmeyi dener ama su fazla ısınmıştır. Pencereyi açmak için yöneldiğinde pervazda unutulmuş çiviyi fark eder, malzeme çekmecesine kaldırmaya karar verir. Bir eli pencerenin ahşap kulpunda, bir eli çivide olan Recep, çivinin pencere kulpundan daha sıcak olduğunu hisseder. Pencere kenarındaki çiçeğin suya ihtiyacı olup olmadığını anlamak için toprağına dokunur ve şaşırır. Annesinin sabah sulamış olduğu çiçeğin toprağı hâlâ serindir.

Salondaki nesneler için verilen ifadeleri değerlendirerek, "Evet" ya da "Hayır"ı daire içerisine alınız.

Hepsi aynı sıcaklıktadır.	*Evet/Hayır*
Suyun sıcaklığı 28 $^{\circ}$C'den fazladır.	*Evet/Hayır*
Metal çivinin sıcaklığı pencere kulpunun sıcaklığından fazladır.	*Evet/Hayır*

Recep, hissettiği sıcaklıkla ilgili bir yorum yapar:
"Nesnelerde hissettiğim sıcaklık, hava durumu raporlarında verilen hissedilen sıcaklıkla alakalıdır."
Yaptığı yorumun doğru olup olmadığına karar veriniz. Yorumunda yanlışlık varsa doğrusunu yazınız.

KÜRESEL ISINMA

Dünya iklimi, tarih boyunca değişime uğramıştır. Bu değişimin çoğu, Dünya yörüngesinde meydana gelen değişimlerle gezegenin aldığı güneş enerjisi miktarının artmasına dayandırılmaktadır. Öte yandan son yüzyılda meydana gelen iklim değişikliklerinin %90'ının insan faaliyetlerinden kaynaklandığı kabul edilmektedir.

Küresel ısınma sera etkisi sebebiyle dünya yüzeyi ortalama sıcaklığının artmasıdır. **Sera etkisi** ise fosil yakıtların aşırı kullanılması ve ormansızlaşma yüzünden atmosferde karbondioksit, kükürtdioksit ve karbonmonoksit gibi gazların birikmesi sonucunda Güneş ışınlarının atmosferde uzun süreli kalmasıdır. Atmosfer dışına çıkamayan ışınlar yüzünden dünya yüzeyi olması gerekenden fazla ısınmaktadır. Küresel ısınma; okyanusların ısınması, buzulların erimesi, deniz seviyesinin yükselmesi, kar örtüsünün azalması, yoğun yağış olaylarının artması, okyanuslarda asit oranının artması ve canlı türlerinin yok olmaya başlaması (Görsel 5.4.5) gibi olumsuz etkilere yol açmaktadır.

Küresel ısınmaya karşı dünya çapında çalışmalar yapılmakta, ülkeler arasında sözleşmeler imzalanmaktadır. 1992 yılında kabul edilen ve 1994 yılında yürürlüğe giren Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) ile iklim değişikliği sorununa karşı küresel tepkinin temeli oluşturulmuştur. BMİDÇS kapsamında kabul edilen Kyoto Protokolü de uluslararası bir anlaşmadır. Protokolün ana amacı, atmosferdeki sera gazı yoğunluğunun iklimi etkilemeyecek seviyede dengede kalmasını sağlamaktır. BMİDÇS, emisyonun azaltılması için teşvik edici uygulamalar, Kyoto Protokolü ise zorlayıcı yaptırımlar öngörmektedir.



Görsel 5.4.5: Küresel ısınma sebebiyle nesli tehlike altında olan kutup ayıları

"Küresel ısınma nasıl önlenir?" sorusunu cevaplamak ve çözüm üretmek için "Küresel Isınma Engellenebilir mi?" adlı projeyi yapınız.

PROJE

KÜRESEL ISINMAYA KARŞI ALINACAK TEDBİRLERE YÖNELİK TASARIMLAR	
İÇERİK	Küresel ısınmaya karşı alınacak tedbirler
SÜRE	15 gün
BECERİLER	Okuryazarlık, bilimsel okuryazarlık, yaratıcı düşünme, iş birliği
BEKLENEN PERFORMANS	Grup çalışması yapma, araştırma yapma, proje geliştirme, bütçe çalışması yapma, rapor hazırlama, poster, broşür veya elektronik sunu yapma
DEĞERLENDİRME	Puanlama anahtarı

PUANLAMA ANAHTARI				
ÖLÇÜT KATEGORİ-LERİ	**ÖLÇÜTLER**	**3** **İYİ**	**2** **ORTA**	**1** **GELİŞTİRİ-LEBİLİR**
Grup çalışması	1. Grup üyeleri üzerlerine düşen görevleri eksiksiz yerine getirdiler.			
	2. Grup üyeleri uyumlu çalıştılar.			
Araştırma yapma	1. En az üç kaynaktan yararlanıldı.			
	2. Farklı türde (İnternet, dergi vb.) kaynaklardan yararlanıldı.			
	3. Toplanılan bilgiler konuyla ilişkiliydi.			
Rapor hazırlama	1. Raporda tüm konu başlıklarına (çalışma süreci, projenin tanıtılması vb.) yer verildi.			
	2. Raporda toplanılan bilgiler anlaşılır şekilde özetlendi.			
	3. Yazım kuralları doğru şekilde kullanıldı.			
	4. Dil bilgisi kuralları doğru şekilde kullanıldı.			
Proje	1. Küresel ısınmaya karşı proje geliştirildi			
	2. Proje yaratıcıydı.			
	3. Proje özgündü.			
Sunum	1. Projenin tanıtımında poster/broşür/elektronik sunu kullanıldı.			
	2. Yapılan çalışma anlaşılır şekilde ifade edildi.			
Eklemek istedikleriniz:				

Sevgili Öğrenciler,

Bu çalışmada sizlerden küresel ısınma ve sebepleri hakkında araştırma yapmanız, edindiğiniz bilgilerden yararlanarak küresel ısınmayı en aza indirgeyecek bir proje geliştirmeniz ve projenizi paylaşmanız beklenmektedir.

Çalışmanız sırasında aşağıdaki adımları takip etmeniz sizlere kolaylık sağlayacaktır.

1. Dörder kişilik gruplar oluşturunuz.
2. Proje sürecinde yapacağınız çalışmaları planlayınız. Yapmış olduğunuz plan doğrultusunda görev dağılımı yapınız.
3. En az üç farklı türde kaynaktan küresel ısınma ve sebepleri hakkında bilgi toplayınız.
4. Edindiğiniz bilgilerden yararlanarak küresel ısınmaya karşı alınabilecek bireysel ve toplumsal tedbirler hakkında tartışınız.
5. Topladığınız bilgilerden yararlanarak küresel ısınmaya karşı alınacak tedbirlere yönelik bir proje geliştiriniz.
6. Projeniz için bütçe planlaması yapınız. Planlamanızda giderlerinizi ve alınacak reklâmlardan, çeşitli kurum ve kuruluşlardan ya da çevre ile ilgili örgütlerden edinilecek kaynaklardan oluşan gelirlerinizi gösteriniz.
7. Proje sürecinde edindiğiniz bilgileri, yapmış olduğunuz çalışmaları, bütçeyi ve çözüm önerinizi içeren bir rapor hazırlayınız.
8. Projenizi tanıtan poster, broşür veya elektronik sunu hazırlayınız.
9. Çalışmalarınızı öğretmeniniz tarafından belirlenen tarihte sınıfta sununuz. Çalışma sürecinde sizin ve arkadaşlarınızın sergilediği performansları, puanlama anahtarında yer alan ölçütlerin ne oranda gerçekleştirildiğini belirterek değerlendirebilirsiniz.

GENLEŞME

5.5

Bu Bölümde Öğrenilecek Anahtar Kavramlar

Genleşme
Büzülme



Bina, köprü, otoyol ve tren yolu gibi yapıları tasarlayan mühendisler, yapının inşasında kullanılacak malzemeleri uzun matematiksel hesaplamalarla belirler. Yapılan hesaplamalarda dikkate alınması gereken değişkenlerden birisi de sıcaklıktır. Çünkü kullanılan malzeme ister beton ister çelik olsun sıcaklık değişimine tepki gösterir. Sıcaklığı artan malzeme genleşirken sıcaklığı azalan ise büzülür. Örneğin çelikten yapılmış demir yolları için bu durum ciddi sorun olmakta, sıcaklık artışıyla genleşen raylar tehlike oluşturmaktadır. Rayların döşenmesi sırasında aralarında bırakılan boşluklar, bu genleşme problemi ile baş etmek için alınan tedbirlerden birisidir. Rayları bir arada tutan malzemeler, sıcaklık değişimine daha az tepki gösteren ahşap ya da betondan yapılır. Ahşap ya da beton parçalar raylara cıvatalarla tutturulur. Çelik çok genleşirse bu cıvataları kırabilir. Bu nedenle cıvatalar, cıvata ile aynı büyüklükte bir deliğe değil, yivlere oturtulmaktadır.

Köprülerde meydana gelen genleşme sorunu nasıl çözülür?
Neden kavanozların metal kapakları ısıtılınca daha kolay açılır?
Donan su boruları neden çatlar?

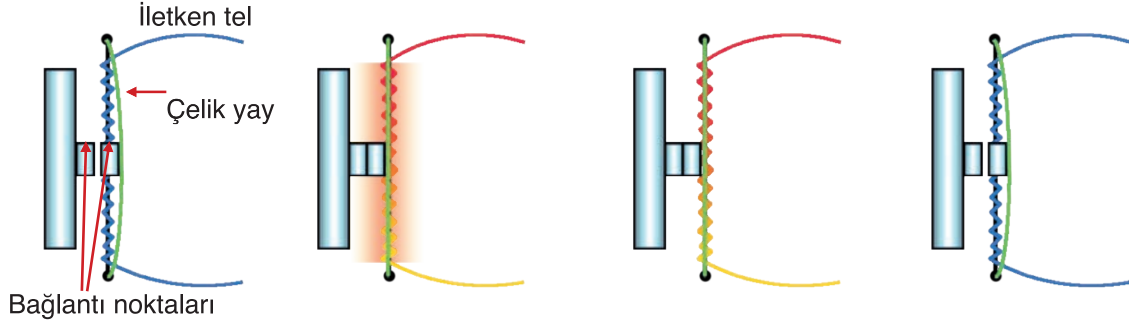
Bu soruların ve konuyla ilgili akla gelebilecek diğer soruların cevaplarına ünitenin bu bölümünde yer verilecektir. Genleşme olayı günlük hayattaki örnekler üzerinden incelenecek, avantaj ve dezavantajları tartışılacaktır. Göl ya da akarsularda buz tabakasının neden yüzeyde oluştuğu ve bu durumun canlı hayatını nasıl etkilediği açıklanacaktır.

5.5.1 GENLEŞMENİN BAĞLI OLDUĞU DEĞİŞKENLER

Isı alma sürecinde hâl değişimine uğramayan maddelerin sıcaklıkları, yani atom veya moleküllerinin ortalama kinetik enerjisi artar. Daha yüksek hızla hareket eden parçacıklar birbirinden uzaklaşır ve bu durum maddede hacim artışına sebep olur. Isı alan maddelerin hacimlerinde meydana gelen bu artışa **genleşme** adı verilir. Sıcaklığı artan pek çok madde, bazı istisnalar dışında genleşir.

Isı veren maddelerin hacimlerinde meydana gelen azalmaya da **büzülme** denilmektedir. Isı veren maddelerin sıcaklıkları, yani atom veya moleküllerinin ortalama kinetik enerjisi azalır. Tanecikler arasındaki mesafe kısalır ve maddenin hacmi küçülür.

Isı alışverişi yapan maddelerin hacimlerindeki değişimin genel adı genleşmedir. Büzülme kavramı, ısı veren maddelerin hacimlerindeki azalmanın "genleşme" şeklinde ifade edilmesinin zorluğundan doğmuştur. Sıcaklık ifadesi için de durum aynıdır. 2 °C de 70 °C'de sıcaklık anlatır. 2 °C için soğuk, 60 °C için sıcak ifadesi kullanılır.



Şekil 5.5.1:Termostatın çalışma prensibi

Meraklısına Bilgi

Aşırı düşük sıcaklıklarda germanyum ve silikon ısıtma yerine soğutma ile genleşir. Bu olaya negatif genleşme adı verilmektedir.

Ortamın sıcaklığını sabit tutmak ve aşırı ısınmaya karşı cihazları korumak amacıyla geliştirilmiş olan termostatlar; fırın, saç kurutma makinesi, buzdolabı, araba radyatörleri, klimalar ve elektrikli ısıtıcılar gibi pek çok sistemde kullanılmaktadır. Metallerin genleşme özelliğinden yararlanılan termostatların çalışma prensibinin basit bir gösterimi Şekil 5.5.1'de verilmiştir. Elektrikli bir cihaz çalıştırıldığında devreden akım geçmeye başlar. Akım geçtiği sürece iletken tel ve bu telle bağlantılı olan çelik yay ısınır. Isınan çelik yay genleşir ve bağlantı noktalarının birbirine temas etmesine sebep olur. Temas anında iletken telden geçen akım kesilir ve çelik yay soğumaya, dolayısıyla büzülmeye başlar. Çelik yay yeteri kadar soğuyup bağlantı noktaları birbirinden ayrılınca devreden tekrar akım geçer. Böylelikle cihaz belirli bir sıcaklığa ayarlanarak aşırı ısınmaya karşı korunmuş olur.

Genleşme miktarı maddenin cinsine, sıcaklık değişimine ve madde miktarına bağlıdır.

1. Maddenin Cinsi

Farklı maddelerin atomik yapıları ve atomlar arasındaki mesafeleri birbirinden farklıdır. Aynı miktardaki sıcaklık değişimlerine farklı tepkiler gösterir ve farklı oranlarda genleşir. Maddenin cinsine bağlı bir nicelik olan genleşme katsayısı, sabit basınç altındaki bir maddenin sıcaklığının 1 °C değişmesi durumunda hacmindeki değişimin ilk hacmine oranıdır. Genleşme katsayısının birimi 1/K'dir. Tablo 5.5.1'de 20 °C sıcaklık için bazı maddelere ait boyca genleşme katsayılarının yaklaşık değerleri verilmiştir.

Tablo 5.5.1: Bazı maddelere ait yaklaşık genleşme katsayıları

Madde	Yaklaşık Boyca Genleşme Katsayısı $(10^{-6} \cdot \frac{1}{K})$
Cam	9
Çelik	11
Beton	12
Bakır	17
Bronz	19
Alüminyum	24
Kurşun	29

Boyutları aynı olan iki maddenin sıcaklıkları eşit miktarda artırıldığında genleşme katsayısı büyük olan madde daha fazla genleşir. Aynı şekilde bu maddelerin sıcaklıkları eşit miktarda azaltıldığında genleşme katsayısı büyük olan madde daha fazla büzülür.

Gaz hâldeki maddelerin atomları arasındaki bağlar katı ve sıvılara göre daha zayıf olduğu için en fazla genleşme gazlarda oluşur. Bütün gazlar bulundukları kabı tamamen doldurduğu için genleşme, gazlar için ayırt edici bir özellik değildir. Sıvı hâldeki maddelerin atomları arasındaki bağlar da katı hâldeki maddelerin atomları arasındaki bağlardan daha zayıftır. Bu nedenle sıvıların genleşme katsayıları, katıların genleşme katsayılarından daha büyüktür.

SIRA SİZDE 35

Termometrelerde cıva ya da alkol kullanılmasının sebebini genleşme katsayısı üzerinden açıklayınız.

2. Sıcaklık Değişimi

Maddelerin aldığı ya da verdiği ısı ne kadar büyük olursa sıcaklıklarındaki değişim o kadar fazla olur. Sıcaklıktaki değişim ne kadar fazla olursa madde taneciklerinin hareketleri ve dolayısıyla hacimdeki değişim de o kadar fazla olur. Dolayısıyla genleşme veya büzülme, sıcaklık değişimiyle doğru orantılıdır.

3. Madde Miktarı

Maddelerin ısı alışverişi yapmadan önceki hacmi ne kadar fazla ise hacimlerindeki değişim de o kadar fazla olur. Genleşme ve büzülme miktarı, maddelerin ilk hacimleri ile doğru orantılıdır.

Genleşme, maddenin tüm boyutlarında yani hacminde meydana gelir. Ancak maddenin bir boyutundaki genleşme diğer boyutundaki genleşmelerle kıyaslandığında ihmal edilebilecek kadar az olabilir. Örneğin ince ve uzun bir telin kesit alanında meydana gelen genleşme, boyundaki genleşmeye göre çok küçüktür. Bu durumda ince bir telin hacmindeki genleşmeden değil, boyundaki uzamadan bahsedilir. Bu nedenle genleşme; boyca uzama, yüzeyce genleşme ve hacimce genleşme şeklinde üç ayrı durum için incelenir.

ÖRNEK SORU

Alüminyumdan yapılmış K ve L çubuklarının boyları sırasıyla L_1 ve L_2, sıcaklıkları sırasıyla T_1 ve T_2'dir. Uzunlukları arasındaki ilişki $L_1=L_2$ şeklindedir.

K ve L çubukları birbiri üzerine yerleştirilerek ısıl denge sağlandıktan sonra boyları arasındaki ilişki $L_1'>L_2'$ olmaktadır.

Buna göre K ve L çubuklarının ilk sıcaklıkları hakkında;

I. $T_1<T_2$

II. $T_1=T_2$

III. $T_1>T_2$

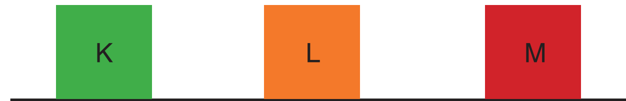
ifadelerinden hangileri doğrudur?

ÇÖZÜM

İlk boyları aynı olan K ve L çubukları birbirine temas ettirildiğinde aralarında ısı alışverişi gerçekleşmiş ve son boyları birbirinden farklı olmuştur. K çubuğunun boyunun son uzunluğu L'den daha fazla olması K'nin uzadığı L'nin kısaldığı anlamına gelir. Bu da K'nin ısı aldığı L'nin ısı verdiği durumla gerçekleşir. O halde L'nin ilk sıcaklığı K'den büyük olmalıdır.

Yalnız I. $T_1<T_2$ doğrudur.

SIRA SİZDE 36



Aynı ortamda bulunan, eşit hacimli K, L ve M maddelerinin sıcaklıkları arasındaki ilişki $T_L>T_K=T_M$ şeklinde ve genleşme katsayıları arasındaki ilişki $M > L > K$ şeklindedir.

Bu üç cisim birbirine temas ettirilerek termal dengeye ulaşıldığında hacimleri arasındaki ilişki ne olur?

SIRA SİZDE 37

Metallerin hacimce genleşme ya da büzülmesini incelemek için yanda verilen Gravzant halkası kullanılır. Gravzant halkasındaki küre, halkadan ancak geçebilecek şekilde boyutlandırılmıştır. Küre ısıtıldığında genleşir ve halkadan geçemez hâle gelir. Buna göre,

a) Gravzant halkasından ancak geçebilen çelik ve alüminyum kürelerin sıcaklıkları 10 °C artırıldığında küreler halkadan geçebilir mi?

b) Kürelerin halkadan geçebilmesi için neler yapılabilir?

c) Gravzant halkasından ancak geçebilen çelik ve alüminyum kürelerin sıcaklıkları 10 °C azaltıldığında hangisi halkadan daha rahat geçer?

(Genleşme katsayıları: çelik $12.10^{-6}\ \frac{1}{K}$, alüminyum $23.10^{-6}\ \frac{1}{K}$)



GÜNLÜK HAYATTA GENLEŞME

Günlük hayatta etkileri pek çok yerde gözlemlenen genleşme, kimi zaman işimizi kolaylaştırırken kimi zaman da zorlaştırmaktadır.

Maddelerin genleşme özelliğinden yararlanılarak yapılmış düzeneklerden en bilineni termometrelerdir. Sıvılı termometrelerde sıvıların genleşmesi, katı bir maddeden yapılan termometrelerde metallerin genleşmesi kullanılmaktadır. Gazlı termometrelerde ise genleşen gazın basınç ve sıcaklık değişiminden yararlanılmaktadır.

Termostatların yanı sıra bazı yangın alarm sistemlerinin çalışma prensibinde de maddelerin genleşme özelliği kullanılmaktadır.

Parçaların birbiri üzerine oturtulması, birbiri içerisine geçirilmesinde de genleşmeden yararlanılmaktadır. Su ve doğal gaz tesisatının kurulmasından, gemi ve bina yapımında çelik levhaların perçinlenmesine kadar pek çok alanda genleşme göz önünde bulundurulmaktadır.

Sıcak hava balonlarıyla uçuş, ısınan havanın genleşmesi ile gerçekleşmektedir. Balon içindeki hava ısıtıldığında (Görsel 5.1.1) genleşir ve genleşen havanın yoğunluğu azalır. Yoğunluğu dışarıdaki havadan daha az hâle gelen balon yükselir. Balonun aşağı indirilmesi için balon içindeki havanın soğuması yeterlidir.



Görsel 5.5.1: Sıcak hava balonu



Görsel 5.5.2: Köprü genleşme bağlantıları

Köprülerde birbirinin içine geçebilen genleşme bağlantıları (Görsel 5.5.2) kullanılmaktadır. Bu bağlantılar, genleşmeden kaynaklanan uzunluk değişimlerinin bir sorun oluşturmaması için yapılmaktadır. Tren raylarının aralarında boşluk bırakılarak döşenmesinin sebebi de budur.

Sıcak günlerde yol ya da kaldırımlardaki genleşmeler çatlamalara ve yapının bozulmasına sebep olmaktadır. Islak zemin döşemelerinde meydana gelen genleşmelerin sorun oluşturmaması için fayanslar, aralarında boşluk bırakılarak döşenmektedir.

SIRA SİZDE 38

Benzin istasyonlarında yakıtlar, yer altındaki depolarda muhafaza edilir. Benzin almaya gelen araçların deposu, bu benzinle doldurulur. Yaz aylarında deposu tam doldurulan araçlarla yolculuk yapılmaz ve güneş altında bırakılırsa araç depo kapaklarında benzin sızıntısı gözlenebilir. Buna göre,

a) Depo kapaklarında oluşan sızıntının sebebi nedir?

b) Sızıntının olmaması için neler yapılabilir?

SIRA SİZDE 39

Katı ve sıvıların genleşmesi ve büzülmesine günlük hayattan örnekler belirleyiniz. Belirlediğiniz örneklerin avantaj ve dezavantajları hakkında tartışınız.



Görsel 5.5.3: Buz balıkçılığında kullanılan bir ev türü

SUYUN CANLI YAŞAMINDAKİ ÖNEMİ

İnsanoğlunun yüzyıllardır yaptığı buz balıkçılığı, buzla kaplı nehir ve göller üzerinde buz tabakalarını delerek yapılan balık avıdır. Özellikle soğuk ülkelerde bu balıkçılık türü oldukça yaygın olduğu için balıkçılıkla ilgili çok çeşitli donanımlar geliştirilmiştir. Bu donanımlardan belki de en ilginç olanı, buzun delineceği yer üzerine yerleştirilebilecek kadar hafif, ısıtma sistemine sahip, içinde fırın, kanepe, bilgisayar gibi eşyaları olan taşınabilir evlerdir (Görsel 5.5.3).

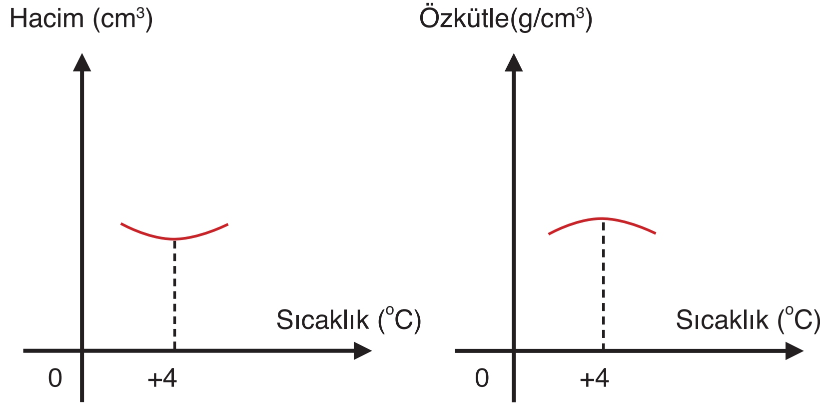
Canlılar donan nehir ya da göllerin altında devam ettirdikleri yaşamlarını, suyun ilginç bir özelliğine borçludur. Su, donarken hacmi artan nadir yapılardan birisidir. Donan suyun hacmi arttığı için özkütlesi azalır, suyun özkütlesinden daha küçük hâle gelir. Oluşan buz, suda yüzer ve yüzeyde birikerek buz tabakasını

oluşturur. Suyun bu özelliği, çok soğuk bölgelerde suda yaşayan canlıların hayatta kalmasını sağlar.

Suyun sıcaklığa bağlı hacim ve özkütle değişimi grafikleri, Grafik 5.5.1'de verilmiştir.

Meraklısına Bilgi

+4 °C suyun üçlü noktasıdır yani suyun üç fazı da bu sıcaklıkta bir arada bulunur. Günümüzdeki otomobillerin yol bilgisayarları hava sıcaklığı +4 °C olduğunda buzlanma uyarısı verir. Bunun sebebi bu sıcaklıklta suyun donmaya başlamasıdır.



Grafik 5.5.1: Suyun sıcaklığa bağlı hacim ve özkütle değişimi grafikleri

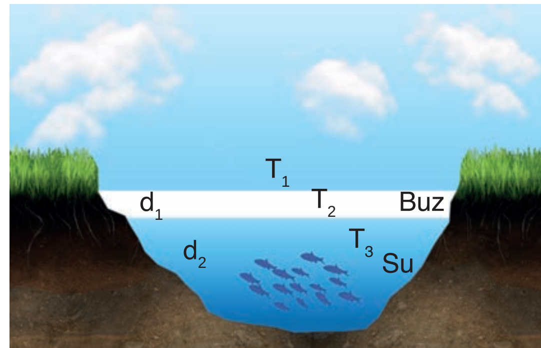
Grafiklerden görüleceği üzere su, +4 °C'de en küçük hacim ve en büyük özkütle değerine sahiptir. Suyun sıcaklığı +4 °C'nin altına düşürüldüğünde hacminin arttığı, özkütlesinin de azaldığı görülmektedir. Suyun hacminin artması, soğuk kış günlerinde su borularının çatlamasına sebep olabilmektedir. Sıcaklığın düşmesi ile borular büzülürken suyun hacmi artar ve borular zarar görür. Donarken hacmi artan maddelere galyum, germanyum, bizmut ve antimon örnek olarak verilebilir.

SIRA SİZDE 40

Deniz seviyesinde sıcaklığı 0 °C'den biraz az olan bir buz küpü, sıcaklığı 0 °C olan bir suyun içine atılırsa ne olur?

SIRA SİZDE 41

Görseli inceleyerek T_1, T_2, T_3 sıcaklıkları ile d_1 ve d_2 özkütlelerini karşılaştırınız.



Soruların doğru seçeneğini işaretleyiniz.

1. Bazı fiziksel niceliklerin tanımları verilmiştir.
I. Madde atom veya moleküllerinin kinetik ve potansiyel enerjilerinin toplamıdır.
II. Sıcaklığı yüksek olan cisimden, düşük olan cisme aktarılan enerjidir.
III. Madde atom veya moleküllerinin ortalama kinetik enerjisinin bir ölçüsüdür.
Buna göre verilen tanımlar, hangi niceliklere aittir?

	I	II	III
A)	Isı	İç enerji	Sıcaklık
B)	Isı	Sıcaklık	İç enerji
C)	İç enerji	Isı	Sıcaklık
D)	İç enerji	Sıcaklık	Isı
E)	Sıcaklık	Isı	İç enerji

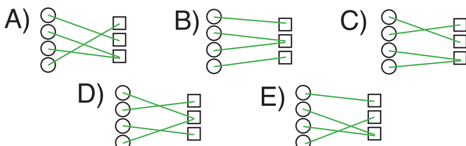
2. Isı ve sıcaklık kavramları ile ilgili,
I. Sağlıklı bir insanın vücut ısısı yaklaşık 36,5 °C'dir.
II. Suyun donma sıcaklığı 0 °C'dir.
III. Sıcaklığı azalan maddelerin ısısı azalır.
ifadelerinden hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II
C) I ve III D) II ve III
E) I, II ve III

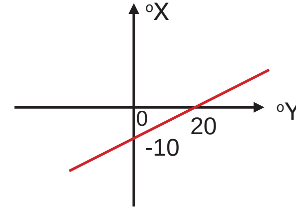
3. Sıcaklık ölçümü yapılacak madde ya da mekânlar ile termometre çeşitleri verilmiştir.

Yoğurt mayalanacak süt ○	☐ Metal termometre
Demir-çelik fabrikasının fırını ○	☐ Sıvılı termometre
Eterin sıcaklığı ○	☐ Gazlı termometre
Sınıfın sıcaklığı ○	

Buna göre madde ya da mekânların sıcaklık ölçümünde kullanılması en uygun olan termometre ile eşleştirilmesi nasıl olur?



4. X termometresinde okunan değerler ile Y termometresinde okunan değerler arasındaki ilişki grafikte verilmiştir.



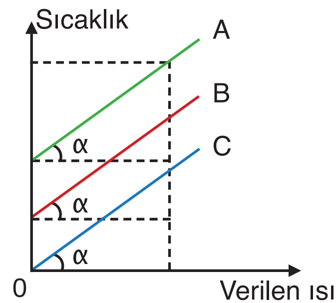
Buna göre X termometresinde okunan 30 °X, Y termometresinde kaç °Y'ye karşılık gelir?

A) 30 B) 40 C) 50 D) 80 E) 100

5. Bir Z termometresinin ölçeklendirmesinde suyun donma sıcaklığı -40 °Z, kaynama sıcaklığı ise 60 °Z olarak kullanılıyor.
Buna göre Z termometresinde okunan 20 °Z sıcaklığı, kaç °C'dir?

A) 6 B) 20 C) 40 D) 50 E) 60

6. A, B ve C saf maddelerine verilen ısıya bağlı sıcaklık değişimini gösteren grafik verilmiştir.



Buna göre bu üç maddenin
I. Öz ısı
II. Kütle
III. Isı sığası
niceliklerinden hangileri kesinlikle birbirine eşittir?

A) Yalnız I B) Yalnız II
C) Yalnız III D) I ve III
E) II ve III

5. ÜNİTE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

7. Kütlesi m, öz ısısı c olan bir cisme Q kadar ısı verildiğinde sıcaklığındaki değişim T oluyor. **Buna göre aynı cins malzemeden yapılmış 2m kütleli bir başka cisme 4Q kadar ısı enerjisi verilirse sıcaklığındaki değişim kaç T olur?**

A) 1 B) 2 C) 4 D) 8 E) 16

8. Isı, sıcaklık ve iç enerji kavramlarıyla ilgili

I. Isı alan maddenin sıcaklığı artar.
II. Isı veren maddenin iç enerjisi azalır.
III. Denge sıcaklığı, sıcaklığı yüksek olan cismin sıcaklığına daha yakındır.

ifadelerinden hangileri <u>kesinlikle</u> doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II
C) Yalnız III D) I ve II
E) I ve III

9. Verilenlerden hangisi ısının iletim yoluyla yayılmasına bir örnektir?

A) Odun sobasının ısıtması
B) Sıcak kahve fincanını tutarken ellerin ısınması
C) Güneş'in Dünya'yı ısıtması
D) Çok katlı evlerde üst katların alt katlardan daha sıcak olması
E) Fırının çalıştığının uzaktan hissedilmesi

10. Sıcak çorbanın içerisine konulan metal kaşığın

I. Sıcaklık
II. İç enerji
III. Hacim
IV. Özkütle
V. Kütle

niceliklerinden hangilerinde değişiklik gözlenir?

A) I, II ve III B) I, III ve IV C) II, IV ve V
D) I, II, III ve IV E) II, III, IV ve V

5. ÜNİTE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

11. Verilenlerden hangisi ısının iletim yolu ile transferine bir örnek <u>değildir</u>?

A) Sıcak tencereden elin yanması
B) Yemeğin elektrikli ocakta ısınması
C) Islak zemine basıldığında ayağın üşümesi
D) Kesilerek bırakılan bir karpuzun soğuması
E) Elektrikli ısıtıcının karşısında ısınılması

12. Verilenlerden hangisi küresel ısınmanın sebeplerinden <u>değildir</u>?

A) Fosil yakıtların çok fazla kullanılması
B) Atmosferde karbondioksit, ozon gibi gazların artması
C) Sera etkisi ile Dünya yüzeyinde sıcaklığın artması
D) Buzulların erimesi ve deniz suyu seviyesinin yükselmesi
E) Yeşil alanların azalması

13. Üç tane bakır ayran tası iç içe konulmuş, bir süre sonra tasların sıkıştığı ve birbirinden ayrılmadığı gözlenmiştir.



Taslar birbirinden kolayca ayrılmak istendiğinde hangisinin yapılması en uygundur?

A) Taslar soğuk su dolu bir kaba konmalıdır.
B) Taslar sıcak su dolu bir kaba konmalıdır.
C) 1 numaralı tasın tabanı soğuk suya daldırılmalı, 3 numaralı tasın içine sıcak su dökülmelidir.
D) 1 ve 2 numaralı taslar soğuk suya daldırılmalı, 3 numaralı tasa sıcak su doldurulmalıdır.
E) 1 numaralı tasın tabanı sıcak suya daldırılmalı, 3 numaralı tas içine soğuk su konulmalıdır.

14. Gravzant halkası ve farklı metallerden yapılmış A ve B halkaları oda sıcaklığında (20 °C) bulunmaktadır.





1. Durum: Oda sıcaklığında iken metal küre A halkasından geçiyor, B halkasından geçemiyor.
2. Durum: Metal küre ve halkalar aynı anda bir miktar ısıtıldıklarında metal küre A halkasından geçemiyor ancak B halkasından geçebiliyor.

Buna göre 1. ve 2. durumlarda cisimlerin genleşmesi ile ilgili olarak,

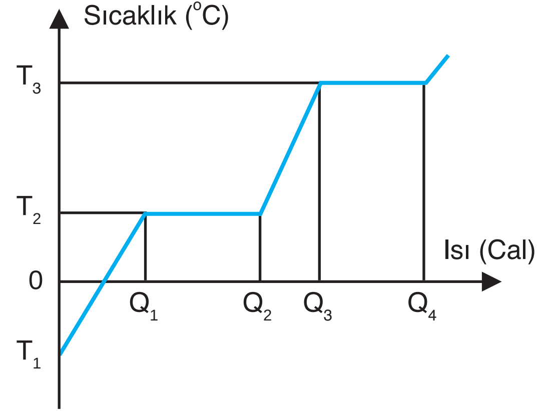
I. Birinci durum, oda sıcaklığında A halkasının B halkasından daha geniş olduğu durumdur.
II. İkinci durum, ısıtılan B halkasının metal küreden, metal kürenin A halkasından daha çok genleştiği durumdur.
III. Oda sıcaklığından daha büyük sıcaklıklarda B halkası metal küreden ve A halkasından daha çok genleşmektedir.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) I ve III E) I, II ve III

15-21 arasındaki soruları verilen grafiğe göre cevaplandırınız.

Kütlesi m, ilk sıcaklığı T_1 olan katı hâldeki saf bir maddeye ait ısı-sıcaklık grafiği verilmiştir.



15. Maddenin donma sıcaklığı nedir?

....

16. Maddenin sıvı ve gaz hâlinin bir arada gözlendiği sıcaklık nedir?

....

17. Maddenin sıcaklığının T_2'den T_3'e çıkarılması için maddeye verilmesi gereken enerji ne kadardır?

....

18. Sıcaklığı T_2 olan sıvı hâldeki maddenin tamamının gaz hâle geçebilmesi için maddeye verilmesi gereken enerji ne kadardır?

....

19. Maddenin kütlesi iki katına çıkarılırsa yoğuşma sıcaklığı değişir mi? Açıklayınız.

....

20. Maddenin kütlesi iki katına çıkarılırsa maddenin hâl değiştirmesi için verilmesi gereken enerji değişir mi? Açıklayınız.

....

21. **Maddenin sıvı hâldeki öz ısısı, var olan öz ısı değerinden daha büyük olsaydı grafikte ne tür değişiklikler meydana ge lirdi?**

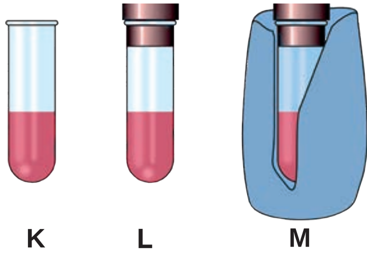
....

Soruların cevabını ilgili alana yazınız.

22. **Londra gezisi planlayan Ayşe, gideceği günlere ait hava sıcaklığının ortalama 50 °F olacağını öğrenir. Sizce hava şartlarına göre bavuluna ne tür eşyalar koymalıdır? Sebebiyle açıklayınız.**

....

23.



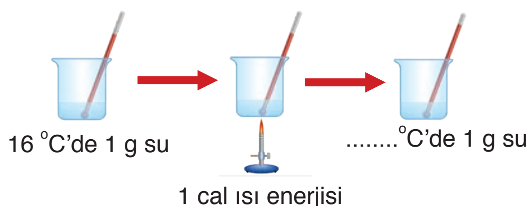
Verilen K, L ve M sistemlerinin; açık, kapalı veya izole sistemden hangisine model olarak verilebileceğini belirleyiniz.

....

24. Bir öğrenci akşam seyrettiği hava durumundan ertesi günün sıcaklığının 24 °C olduğunu öğrenir. Sabah olup okula gideceği zaman üstüne montunu almaz ve okula gidene kadar üşür.
Öğrencinin üşümeyeceğini düşündüğü sıcaklıkta üşümesinin sebebi ne olabilir?

....

25. **Aşağıda verilen görseldeki eşitliği tamamlayınız.**



26. **Jeolojide ıslak topraklar neden "soğuk toprak" olarak adlandırılmaktadır?**

....

27. **Nükleer santraller de dâhil olmak üzere soğutma sistemlerinde suyun kullanılma sebebi nedir?**

....

28. **Verilen görselleri öz ısı kavramını kullanarak açıklayınız.**



....

29-32 arasındaki soruları verilen bilgilere göre cevaplandırınız.

15 °C sıcaklıkta 500 g kütleli demir parçası,
(c_{demir}= 440 J/kg.K)
35 °C sıcaklıkta 500 kg kütleli su,
(c_{su}= 4190 J/kg.K)

29. **Demir parçası, su içerisine bırakıldığın da termal denge oluşuncaya kadar ısı akışı hangi cisimden hangi cisme doğru gerçekleşir?**

....

30. **Termal dengeye ulaşıldığında hangi cismin iç enerjisindeki değişim daha fazla olmuştur?**

....

31. **Termal dengeye ulaşıldığında hangi maddenin sıcaklığı azalmıştır?**

....

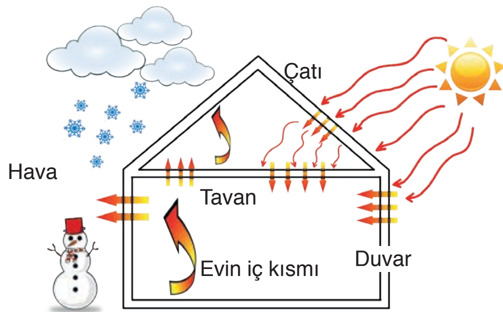
32. **Termal dengeye ulaşıncaya kadar hangi maddenin sıcaklığındaki değişim daha fazla olmuştur?**

....

33. **Termoforların çevresine yünlü ya da tüylü kılıfların geçirilmesinin sebebi nedir?**

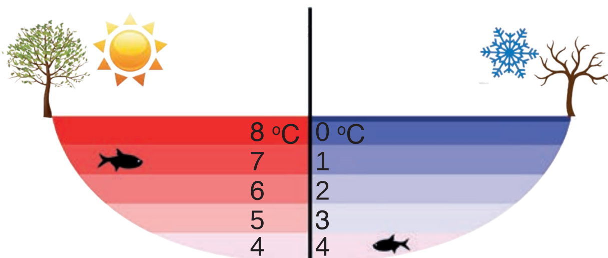
....

34. **Görselde verilen süreci ısı iletim yollarını kullanarak açıklayınız.**



....

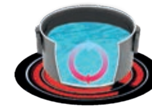
35. **Görseli, ısı ve sıcaklık ünitesinde öğrendiğiniz kavramlarla ilişkilendirerek açıklayınız.**



....

36. **Verilen görseller üzerinde ısı iletim yollarını açıklayınız.**

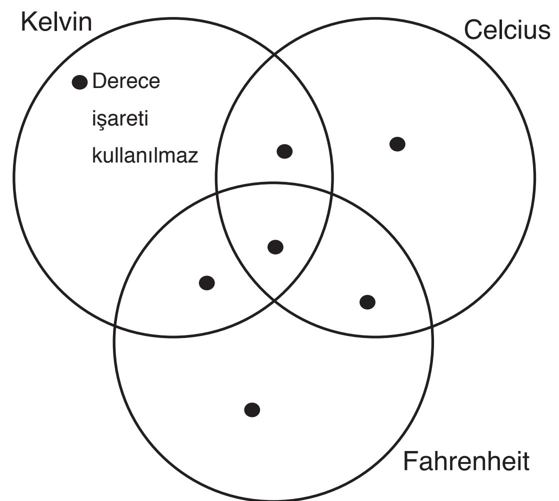

I. Şekil


II. Şekil


III. Şekil

....

37. **Termometrelerin özellikleri Venn şeması ile gösterilmiştir. Kelvin kümesine ait bir özellik örnek olarak verilmiştir. Kümeleri, elemanları ile doldurunuz.**



38. **Diş dolgularında kullanılan malzemenin genleşmesi ile doğal dişin genleşmesi arasında nasıl bir ilişki olmalıdır?**

....

39-45 arasındaki soruları metne göre cevaplayınız.

Köy evlerinde duvara asılmış halılar ve kilimler, pencerelerdeki kalın perdeler ve güneşlikler, kapı eşiklerine yerleştirilen içi yün dolu ince uzun yastıklar, zemine serilmiş çift kat halılar ısı kaybını azaltmaya yönelik alınan tedbirlerden yalnızca birkaçıdır. Duvarların yöreye bağlı olarak kalın taşlardan, ağaç kütüklerinden ya da kerpiçten yapılması; kuzey cephelerde pencere olmaması ya da pencerelerin çok küçük olması; dama saman serilmesi; ahırlara pencere konulmaması ya da ahırların evlerin altında olması insanlarımızın deneyimlerinden yola çıkarak bilimsel gerçekleri kullanmasıdır. Yöresel kıyafetlere bakıldığında da üst üste giyilmiş parçalar dikkat çeker ki aslında bu tedbir atalarımızın son derece bilinçli olduğunu göstermektedir.

Köy halkının israftan kaçınmak için aldıkları bu basit tedbirlerin yalnızca aile ve ülke ekonomisine değil, çevreye de büyük katkısı vardır.

Aile için: Ailenin ısınmak için ayırdığı bütçe azalır. Diğer harcamalara ayrılacak bütçe miktarı artar.
Ülke için: Enerji kaynakları daha az tüketilir. Ülkenin enerji üretimine harcadığı bütçe azalır. Diğer kalemlere ayrılacak bütçe miktarı artar.
Çevre için: Enerji üretimi sırasında açığa çıkan zararlı atık ve gaz miktarı azalır.

39. Sizce köy evlerinde yapılan düzenlemeler yalnızca kış aylarına yönelik mi yapılmaktadır?

....

40. Metinde verilen ısı yalıtım örneklerinden hangisi termosun yapısı ile yakın ilişkilidir?

....

41. Bir duvarı kuzey cepheye bakan odanız olsaydı nasıl bir çözüm üretirdiniz?

....

42. Isı yalıtımı ile ilgili dikkatinizi çeken bir problem var mı? Çözümünüz nedir?

....

43. Isı yalıtımına yönelik farkındalık kazandırmak için bir çalışma grubuna dâhil olduğunuzu hayal edin. Sloganınız ne olurdu?

....

44. Köylerde ısı yalıtımına yönelik alınan tedbirleri,

I. Isı iletim katsayısı
II. Kalınlık
III. Yüzey alanı

nicelikleri ile nasıl ilişkilendirirsiniz? Açıklayınız.
(Örnek: Kuzey cephelerde pencerelerin çok küçük olması ısının hızlı iletildiği yüzey alanının küçültülmesi amacıyla yapılmıştır.)

....

45. Köy halkının israftan kaçınma tedbirleri göz önüne alındığında seçeneklerde verilen sonuçlardan hangisi gerçekleşmez?

A) Köy halkının deneyimleri kullanılarak enerjiden tasarruf edilebilir.
B) Tasarruf edilerek aile bütçesine katkı sağlanabilir.
C) Çevre korunur.
D) Enerji kaynakları çabuk tükenir.
E) Hane başına düşen ısınma gideri azalır.



6. ÜNİTE

ELEKTROSTATİK

ÜNİTENİN BÖLÜMLERİ

6.1 ELEKTRİK YÜKLERİ

"İnsan imkânsızı başarabilir sözü yetersizdir çünkü insan imkânsızın da ötesine ulaşabilir."

Nikola TESLA



Sürdürülebilir kalkınma, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama olanaklarını ellerinden almadan şimdiki neslin ihtiyaçlarının karşılanabildiği gelişme süreci olarak tanımlanmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma planına büyük önem vermekte olan birçok dünya devleti çeşitli protokollere imza atarak geleceğe yönelik gerekli tedbirler almaya çalışmaktadır. Alınacak olan tedbirlerin belirlenmesinde bilim insanlarının sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji teknolojileri üzerindeki çalışma sonuçları ve değerlendirmeleri esas alınmaktadır.

Dünya nüfusundaki hızlı artış, gelişen teknolojiyle birlikte frenlenemeyen enerji ihtiyacı, doğal kaynakların hızla tükenmesi ve çevre kirliliği sürdürülebilir enerji teknolojilerinin de geliştirilmesini zorunlu hâle getirmiştir. Buna yönelik yapılan son dönem çalışmalarından biri triboelektrik nanojeneratörlerdir.

Triboelektrik etki, birbirine temas eden iki farklı malzemede elektrik yükü depolanması anlamına gelmektedir; aslında çok iyi bildiğimiz dokunma ya da sürtünme ile elektriklenmeden farklı bir şey değildir. Temas eden ya da sürtünen malzemelerin birbirinden ayrılması sırasında gerçekleşen yük hareketinden elektrik elde edilmesi nanoboyuttaki jeneratörlerle gerçekleştirilmektedir.

Günlük aktivitelerdeki mekanik enerjinin değerlendirilmesini ve sürtünmeden dolayı kaybolan enerjinin geri dönüşümünü hedefleyen bilim insanları, triboelektrik etkiden elektrik enerjisi elde etmeyi başardılar. Araç tekerleklerindeki sürtünmeler üzerinde çalışan bilim insanları bu sistemin tüm pedallı sistemlere, paspaslara ve hatta klavyelere, dokunmatik ekranlara bile uygulanabileceğini söylemektedir. Triboelektrik etkinin bir başka uygulaması, sürtünme ile elektrik enerjisi üreten kumaşların üretilmesidir. Çadır yapımında kullanılması hedeflenen bu kumaşlardan rüzgâr ile elektrik elde edilmesi hedeflenmektedir. Yakın gelecekte kumaşların giyilebilir hâle getirilmesi durumunda yalnızca günlük aktivitelerimize devam ederek cep telefonu gibi cihazları şarj etmemiz mümkün olacaktır.

6.1 ELEKTRİK YÜKLERİ

Bu Bölümde Öğrenilecek Anahtar Kavramlar

Elektrik yükü
Birim yük
Elektrikle yüklenme
Yük korunumu
Elektroskop
İletken madde
Yalıtkan madde
Yük dağılımı
Faraday kafesi
Topraklama
Elektriksel kuvvet
Coulomb Yasası
Elektrik alan





Robert Jemison Van de Graaff (Rabırt Ceymsın Van dö Graf) tarafından 1929 yılında icat edilen VDG (Van de Graaff) jenaratörü Ankara'daki Feza Gürsey Bilim Merkezi gibi pek çok bilim merkezinde sergilenmektedir. Statik elektrik üreten bu jeneratörde basit bir elektrik motoru, iki silindirik makara etrafına sarılmış yalıtkan kayışın dönmesini sağlar. Hareket sırasında kayış ile silindirler elektrikle yüklenir. Silindir üzerinde biriken yükler, kürede bulunan bir iletken aracılığıyla kürenin iç yüzeyine iletilir. İletken küreye aktarılan yükler, kürenin yüzeyine dağılır. Jeneratör çalıştırıldığı sürece kürenin yüzeyinde yük birikmeye devam eder. Küreye temas edilmesi durumunda elektrik yükünün bir bölümü temas eden kişiye aktarılır. Aynı cins elektrik yükü ile yüklenen saç telleri birbirinden uzaklaşır ve kişinin saçları kabarır.

Elektrostatik kalkan nedir?

Arabadan inerken gerçekleşen elektrik çarpması nasıl engellenir?

Yıldırım düşmesi durumunda en güvenli yer neden arabanın içidir?

Bu soruların ve konuyla ilgili akla gelebilecek diğer soruların cevaplarına ünitenin bu bölümünde yer verilecektir. Elektrikle yüklenme çeşitleri üzerinde durulacak, iletken ve yalıtkan malzemelerin özellikleri açıklanacaktır. Yükler arasındaki etkileşim kuvvetinin bağlı olduğu nicelikler belirlenecektir.

6.1.1 ELEKTRİK YÜKÜ

Elektriklenme olayının keşfi MÖ 600'lü yıllara kadar uzanmaktadır. Thales'in (Tales) yüne sürtülen kehribar parçasının toz kırıntılarını ve kedi tüylerini çektiğini gözlemlemesi, elektrostatik ile ilgili bilginin temeli olarak kabul edilmektedir. **Elektrostatik**, durgun elektrik yüklerini ve bu yükler arasındaki etkileşmeyi inceler.

Birbirine sürtülen nesnelerin başka bir cismi bazen çekmesi bazen de itmesi, Thales ve o dönem filozoflarının iki cins elektrik yükü olabileceğini fark etmelerini sağlamıştır.

MÖ 600'lü yıllarda keşfedilen elektrik yüklerinin isimlendirilmesi yaklaşık 2300 yıl sonra gerçekleşmiştir. Elektrik yüklerine pozitif (artı) ve negatif (eksi) ismi 1700'lü yıllarda Benjamin Franklin (Benjamin Franklin) tarafından verilmiştir. Franklin plastik çubuğun yüküne **eksi**, cam çubuğun yüküne **artı** denilmesini önermiştir. Tesadüfen yapılan bu önerinin doğru olduğu daha sonra anlaşılmıştır. İlerleyen yıllarda fizik bilimindeki gelişmeler ışığında elektrik yüklerinin doğası kesin olarak öğrenilmiştir.

Maddenin temel yapı taşı olan atom; proton, nötron ve elektronlardan oluşur. Çekirdeği oluşturan proton ve nötronlar nükleer fiziğin ilgi alanına girer. Bu parçacıkları birbirinden ayırmak için yüksek enerji gereklidir. Çekirdek çevresinde dolanan elektronlar için ise durum farklıdır. Atomdan elektron koparılması ya da bir atomun dışarıdan elektron alması, atom çekirdeğinden proton sökülmesiyle kıyaslandığında çok daha kolaydır. Bu nedenle atomun yüklenmesi çekirdek etrafında bulunan atomik elektronlarla gerçekleşir.

Atom ve dolayısıyla atomlardan oluşan madde nötr olma eğilimindedir. Atom, çekirdekteki pozitif (+) yüklü protonları negatif (-) yüklü elektronlarla dengeler. Elektron sayısının, proton sayısından fazla ya da az olması durumunda **elektrik yükü** ortaya çıkar. Elektron sayısının proton sayısından fazla olması durumunda yük negatif, az olması durumunda ise yük pozitif olur. Yük q ile simgelenir. SI birim sisteminde yük birimi coulombdur (kulon) ve C sembolü ile gösterilir.

Doğada bulunan en küçük yük elektronun yüküdür. Bu nedenle bir elektron yükü **elemanter yük** ya da **birim yük** olarak tanımlanır.

Elektronun yükü e sembolü ile gösterilir. Elektronun yükü negatif değerde olup, aynı büyüklükte yüke sahip olan proton pozitif yüklüdür. Yüklü cisimlerin üzerindeki net yük …, -3e, -2e, 3e, 4e, … şeklinde elektron yükünün tam sayı katları kadardır. Bir elektron yükünün büyüklüğü aşağıda verilmiştir.

$$1\ e \cong 1{,}602.10^{-19}\ C$$

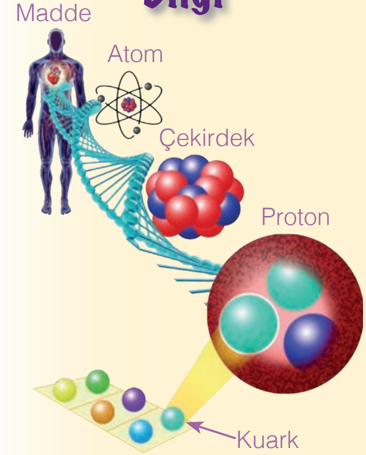
Atomun dolayısıyla maddenin elektron kazanması veya kaybetmesi **elektriklenme** olarak adlandırılır. Atomlar farklı yollarla elektron kazanabilir ya da kaybedebilir. Bunun sonucunda maddeler farklı yollarla elektrikle yüklenebilir.

Meraklısına Bilgi



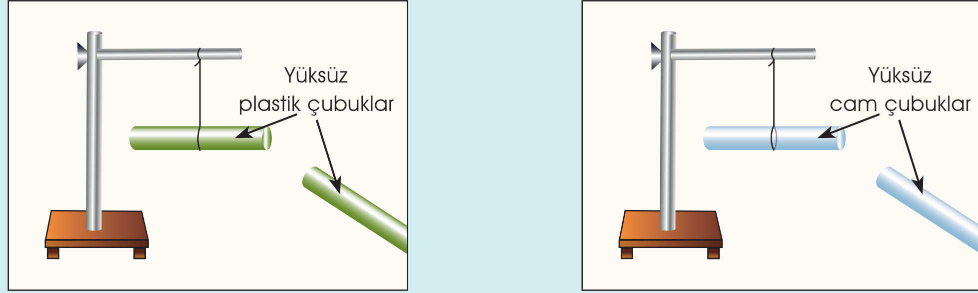
Kehribar kelimesinin Yunanca karşılığı "elektron"dur. Elektrik kavramı bu kelimeden türetilmiştir.

Meraklısına Bilgi



Proton ve nötronların yapısını kuarklar oluşturur. Kuarkların yükü elektronunkinden azdır. Doğada serbest hâlde bulunamadıkları için bir kuark yükü temel yük olarak kabul edilmemektedir.

Elektrik ile yüklenmemiş (yüksüz, nötr) cisimler birbirlerine yaklaştırıldığında itme ya da çekme gözlenmez (Şekil 6.1.1).

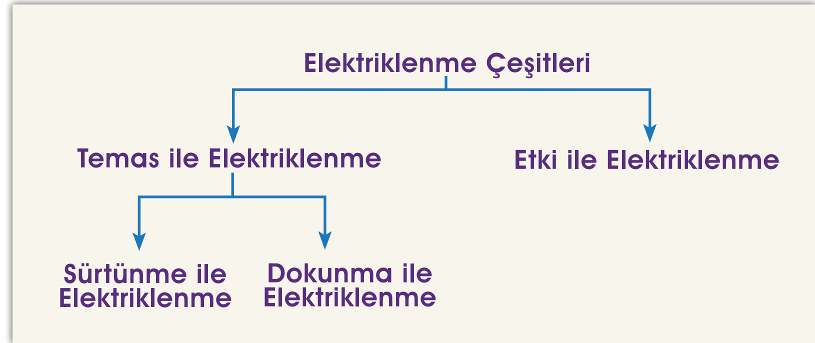


Şekil 6.1.1: Elektrik ile yüklenmemiş cisimlerin birbirlerine yaklaştırılması

6.1.2 ELEKTRİKLE YÜKLENME ÇEŞİTLERİ

Elektron sayısı proton sayısına eşit olan atoma **yüksüz (nötr) atom** adı verilir. Cisimler çok sayıda atomdan oluşur. Yüksüz atomlar gibi toplam elektron sayısı, toplam proton sayısına eşit olan cisimler de yüksüzdür. Yüksüz bir cismin proton ve elektronları arasındaki yük dengesinin yani eşitliğin bozulması sonucunda cisim elektrikle yüklenir.

Cisimlerin elektrikle yüklenme çeşitleri şemada gösterilmiştir.



Meraklısına Bilgi



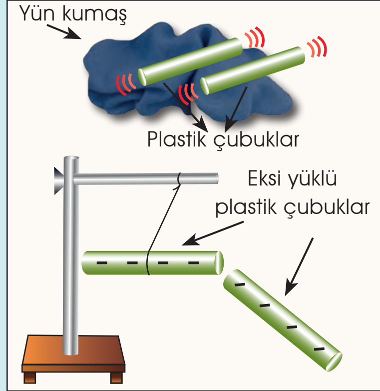
Bulutlar çok küçük su damlacıkları ve buz kristallerinden oluşmuş kümelerdir. Bulut içinde ve çevresinde meydana gelen hava akımları, bulutların sürtünme ile elektriklenmesine neden olur. Bulutlarda biriken statik elektrik uygun şartlarda aniden boşalır. Bu yük boşalması iki bulut arasında ise şimşek, bulut ile yer arasında ise yıldırım adı verilir.

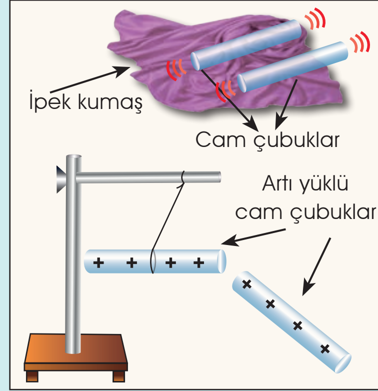
1. Sürtünme ile Elektriklenme

Sürtünme ile elektriklenmede birbirine sürtülen cisimler arasında elektron alışverişi gerçekleşir. Elektron alan cisimde negatif yük fazlalığı oluşurken elektron veren cisimde negatif yük azalır. Elektron veren cisimde pozitif yük fazlalığı, elektron alan cisimde de negatif-yük fazlalığı oluşur. Yün kumaş ve plastik çubuk örneğinde olduğu gibi elektron veren cisim pozitif, alan cisim negatif elektrikle yüklenir.

Sürtünme ile elektriklenen cisimler, eşit miktarda ve zıt elektrik yükü ile yüklenir. Elektron alan cisim -q yükü ile yüklenirken elektron veren cisim +q yükü ile yüklenir. Cisimlerin sürtünmeden önceki ve sonraki yük toplamları eşittir.

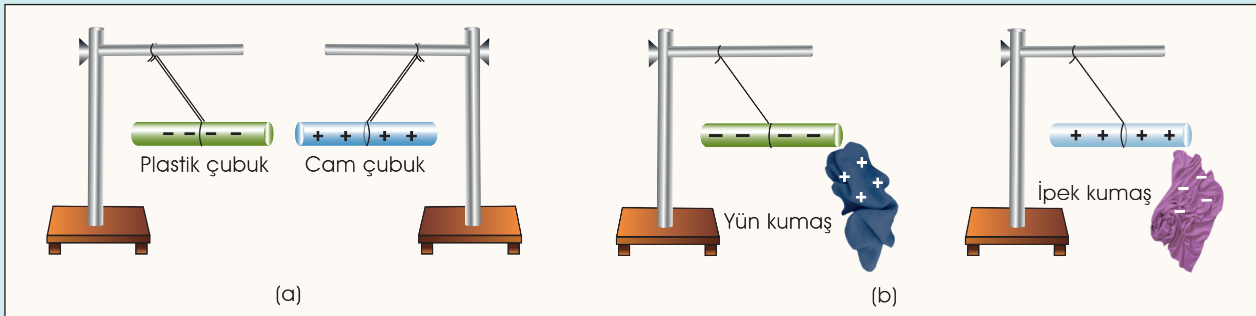
Yün parçasına sürtülen iki plastik ya da ipek kumaşa sürtülen iki cam çubuk birbirine yaklaştırıldığında çubuklar birbirini iter (Şekil 6.1.2). Bu deney aynı elektrik yükü ile yüklenen cisimlerin birbirini ittiğini göstermektedir.





Şekil 6.1.2: Aynı yüklü cisimlerin birbirini itmesi

Yün parçasına sürtülmüş plastik çubuk ile ipek kumaşa sürtülmüş cam çubuk birbirine doğru yaklaştırıldığında ise Şekil 6.1.3 a'daki gibi birbirini çeker. Benzer olay Şekil 6.1.3 b'de görüldüğü gibi yün kumaşla plastik çubuk veya ipek kumaşla cam çubuk arasında da gözlemlenir. Bu durum zıt elektrik yükü ile yüklenen cisimlerin birbirlerini çektiğini göstermektedir. Cisimlerin birbirine uyguladıkları itme kuvveti ve çekme kuvvetinden dolayı doğada birbirinden farklı iki cins elektrik yükünün varlığı kesinlik kazanır.



Şekil 6.1.3 (a): Plastik çubuk ile cam çubuğun birbirini çekmesi
Şekil 6.1.3 (b): Yün kumaş ile plastik çubuğun, ipek kumaş ile cam çubuğun birbirini çekmesi

Bu deneyin sonucu **aynı elektrik yükü ile yüklü cisimler birbirini iter, zıt elektrik yükü ile yüklü cisimler birbirini çeker** biçiminde özetlenebilir.



Araştırınız

Fotokopi makinelerinin ve lazer yazıcıların çalışma prensibini araştırınız.

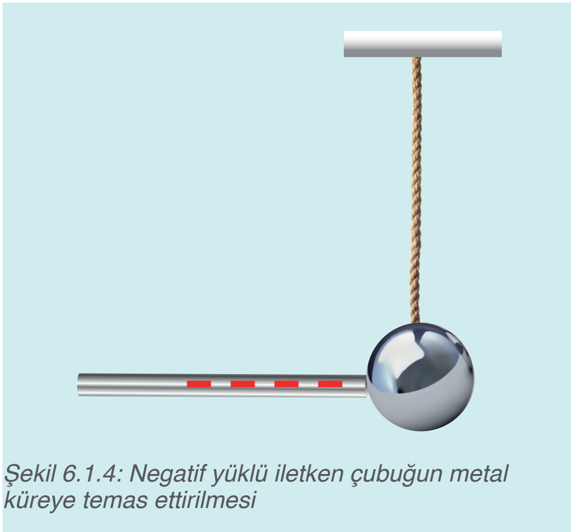
2. Dokunma ile Elektriklenme

İletkenlerde hareketli yükler elektronlardır. Pozitif elektrik yüklerinin hareket ediyormuş gibi düşünülmesi yalnızca matematiksel hesaplamalarda kolaylık sağlar.

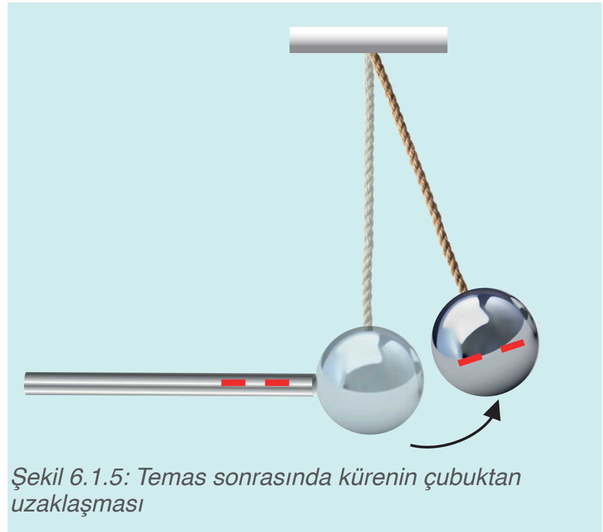
Dokunma ile elektriklenmede birbirine temas ettirilen iletken cisimler arasında elektron geçişi olur. Sistemde var olan toplam yük, sistemi oluşturan cisimler arasında paylaşılır. Biri yüksüz, diğeri yüklü ya da ikisi de yüklü cisimler dokunma ile elektriklendirilebilir.

Negatif yüklü iletken bir çubuk, nötr bir metal küreye Şekil 6.1.4'teki gibi temas ettirildiğinde çubuktan küreye elektron geçişi olur. Elektron kaybeden çubuğun yükü azalır, yük işaretinde değişiklik olmaz.

Her ikisi de negatif yükle yüklenen cisimler birbirini iter. Bu nedenle küre, negatif elektrikle yüklendiğinde Şekil 6.1.5'teki gibi çubuktan uzaklaşır.

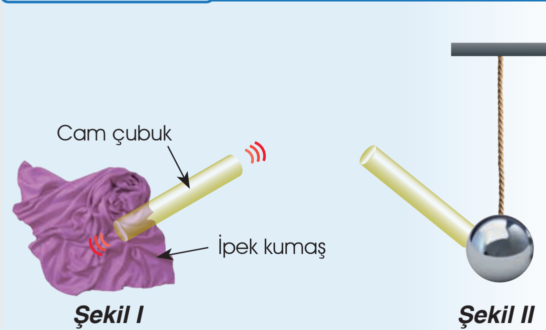


Şekil 6.1.4: Negatif yüklü iletken çubuğun metal küreye temas ettirilmesi



Şekil 6.1.5: Temas sonrasında kürenin çubuktan uzaklaşması

ÖRNEK SORU



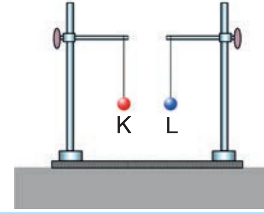
İpek kumaşa Şekil I'deki gibi sürtülen cam çubuk; tavana yalıtkan iple asılmış, yüksüz ve iletken küreye Şekil II'deki gibi temas ettirildiğinde küre nasıl hareket eder?

ÇÖZÜM

İpek kumaşa sürtülen cam çubuk pozitif elektrik yükü ile yüklenir. Çubuğun küreye temas ettirilmesi ile pozitif elektrik yüküyle yüklenen küre çubuktan uzaklaşır.

SIRA SİZDE 1

İpek kumaşa sürtülen cam çubuk şekildeki iletken K küresine, yün kumaşa sürtülen ebonit çubuk da iletken L küresine aynı anda dokunduruluyor.
Birbirileri ile etkileşecek mesafede olan küreler nasıl hareket eder?



Dokunma ile elektriklenmede sistemde var olan toplam yükün cisimler arasındaki paylaşımı, iletken cisimlerin yüzey alanları ile doğru orantılıdır. Bu nedenle özdeş iletken cisimler birbirine dokundurulduğunda sistemin toplam yükünü eşit olarak paylaşır.

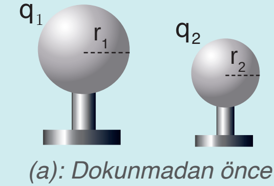
Birbirine dokundurulan küre şeklindeki iletken cisimlerin yarıçapları farklı ise toplam yükün paylaşımı, kürelerin yarıçapları ile doğru orantılı olarak gerçekleşir. Şekil 6.1.6 a'daki r_1 yarıçaplı q_1 yüküne sahip bir küre, r_2 yarıçaplı yükü q_2 olan başka bir küreye dokunduruluyor (Şekil 6.1.6 b). Kürelerin dokunmadan sonraki yükleri q'_1 ve q'_2 olur (Şekil 6.1.6 c).

Kürelerin son yüklerini veren matematiksel model

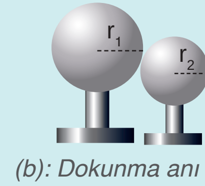
$$q'_1 = \frac{q_1 + q_2}{r_1 + r_2}.r_1 \qquad q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{r_1 + r_2}.r_2$$

şeklindedir. Kürelerin dokunmadan önceki sahip oldukları toplam yük dokunmadan sonraki sahip oldukları toplam yüke eşittir. Buradan da toplam yükün korunduğu görülür.

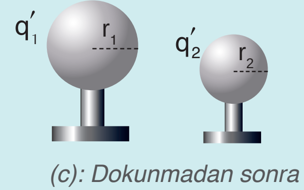
$$(q_1 + q_2 + ... = q'_1 + q'_2 + ...)$$



(a): Dokunmadan önce



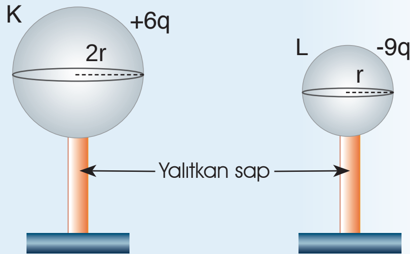
(b): Dokunma anı



(c): Dokunmadan sonra

Şekil 6.1.6 (a,b,c) : Kürelerin dokunma ile elektriklenmesi

ÖRNEK SORU



2r yarıçaplı, +6q yüklü iletken K küresi ile r yarıçaplı, -9q yüklü iletken L küresi birbirine dokundurulup ayrıldıklarında kürelerin son yükleri ne olur?

ÇÖZÜM

K küresinin yükü q_K, L küresinin yükü q_L olmak üzere küreler birbirine dokundurulduğunda sistemin toplam elektrik yükü,

$q_{toplam} = q_K + q_L$
$q_{toplam} = (+6q) + (-9q)$
$q_{toplam} = -3q$'dur.

İletken küreler, yükü yarıçapları ile doğru orantılı olarak paylaştıkları için K ve L kürelerinin son yükleri,

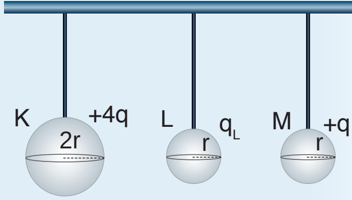
$q_K = -2q$
$q_L = -q$
olur.

SIRA SİZDE 2

Yarıçapları sırasıyla r, 2r ve 3r olan K, L ve M iletken kürelerinden K küresi yüksüz, L küresi +4q ve M küresi +8q yüklüdür.
Küreler aynı anda birbirlerine dokundurulup ayrıldıklarında son yükleri ne olur?

ÖRNEK SORU

Tavana yalıtkan iplerle asılmış yüklü K, L ve M iletken kürelerinin yük miktarları sırasıyla +4q, q_L ve +q; yarıçapları sırasıyla 2r, r ve r şeklindedir.



K küresi önce L, sonra M küresine dokundurulduğunda son yükü -2q olduğuna göre L küresinin başlangıçtaki yükü nedir?

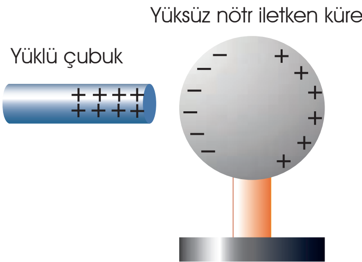
ÇÖZÜM

Dokunma ile elektriklenmede yük paylaşımı kürelerin yarıçapları ile doğru orantılıdır. K küresi en son M küresine dokundurulmuştur. Son durumda 2r yarıçaplı K'nin yükü -2q olduğuna göre, yarıçapı r olan M'nin son yükü -q olmalıdır. Yük Korunumu Kanunu'na göre son yük -3q olduğuna göre dokunmadan önce de K ve M'nin toplam yükü -3q olmalıdır. K'ye dokunmadan önce M'nin yükü +q olduğu için M'ye dokunmadan önce K'nin yükü -4q demektir. K'nin L'ye dokundurulduktan sonraki yükü -4q olduğuna göre r yarıçaplı L'nin yükü -2q'dur. Yük Korunumu Kanunu'na göre son yük -6q olduğuna göre dokunmadan önce K ve L'nin toplam yükü -6q olmalıdır. K'nin yükü L'ye dokunmadan önce +4q olduğuna göre L'nin dokunmadan önceki q_L yükü -10q olmalıdır.

3. Etki ile Elektriklenme

Etki ile elektriklenme olayında cisimler birbirine temas etmez. Yüklü bir cisim yüksüz bir iletkene yaklaştırıldığında yüklü cismin oluşturduğu elektriksel çekim, yüksüz iletken üzerindeki negatif elektrik yüklerini ya kendi tarafına doğru çeker ya da iletkenin diğer ucuna doğru iter. Böylelikle bölgesel yüklenme gerçekleşir. Yüklü cisim uzaklaştırıldığında yani elektriksel etkileşme ortadan kaldırıldığında bölgesel yüklenme de ortadan kalkar.

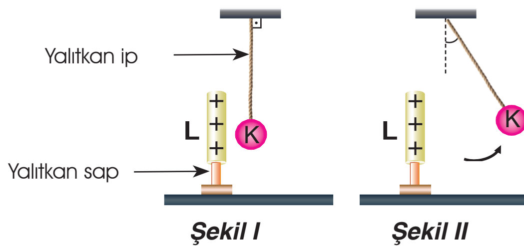
Pozitif yüklü bir çubuk, nötr iletken bir küreye Şekil 6.1.7'deki gibi yaklaştırıldığında kürenin üzerindeki negatif yükleri kendisine doğru çeker. Kürenin bir tarafında negatif yükler toplanırken diğer tarafında negatif yük sayısı azalmış olur. Her iki tarafta da artan ve azalan yük miktarı aynı olduğu için, kürenin bir tarafı +q ile yüklenirken diğer tarafı -q ile yüklenir. Kürenin net yükü hâlâ sıfırdır. Bu olaya **elektriksel kutuplanma (polarizasyon)** adı verilir.



Şekil 6.1.7: İletken kürenin etki ile elektriklenmesi

Elektriksel kutuplanmaya neden olan pozitif yüklü çubuk küreden uzaklaştırıldığında iletken küre üzerindeki yükler küre yüzeyine düzgün biçimde dağılır ve küre başlangıçtaki yük dağılımına geri döner. Çubuğun yük miktarı ve işaretinde değişiklik olmaz.

ÖRNEK SORU



Başlangıçta yüksüz olan K küresine pozitif yüklü L cismi Şekil I'deki gibi yaklaştırıldığında K cisminin denge durumu Şekil II'deki gibi olur. Bu olay nasıl açıklanır?

ÇÖZÜM

K cisminin Şekil II'deki gibi dengede kalabilmesi için pozitif elektrik yükü ile yüklenmiş olması gerekir. Başlangıçta nötr olduğu bilinen K küresinin son yük durumu, K'nin L'ye temas etmesi durumunda gerçekleşir.

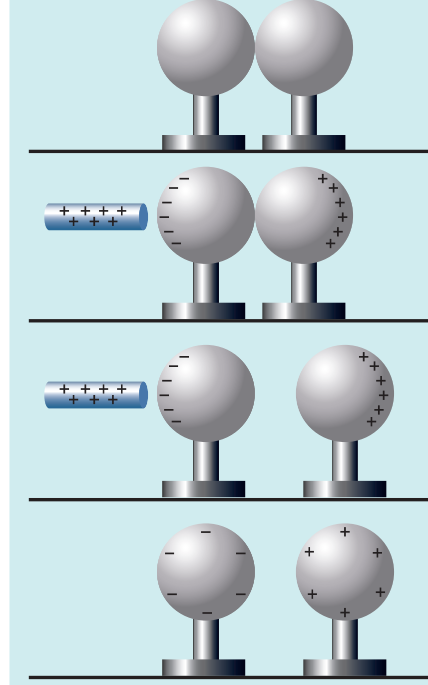
Etki ile elektriklenen K küresi L'ye doğru çekilir. K'nin L'ye temas etmesi ile L'nin yükü ile yüklenir. Aynı cins elektrik yükü ile yüklenen cisimlerin birbirini ittiği bilindiğine göre K küresi, L'den uzaklaşır.

Birbiriyle temas hâlinde ve nötr olan Şekil 6.1.8'deki iletken kürelere pozitif yüklü çubuk yaklaştırıldığında, negatif yükler çubuğa yakın tarafta toplanırken diğer tarafta pozitif yükler kalır. Etki ortadan kaldırılmadan yani yüklü çubuk uzaklaştırılmadan küreler birbirinden ayrıldığında kürelerin biri negatif, diğeri pozitif yüklenmiş olur.

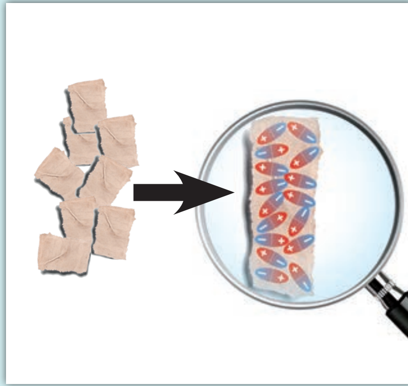
Başlangıçta toplam yükü sıfır olan kürelerin, son durumda da toplam yükü sıfırdır.

Etki ile elektriklenme olayı yalıtkan cisimlerde de gerçekleşir. Örneğin saça sürtülerek elektrikle yüklenen plastik tarak, yüksüz ve yalıtkan kâğıt parçacıklarını çeker.

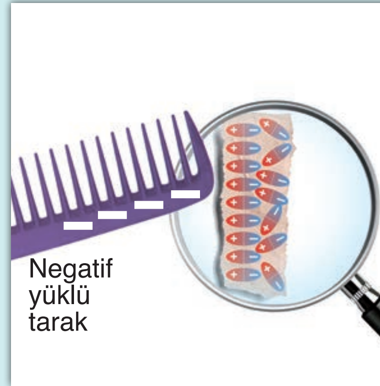
Yüksüz, yalıtkan cisimlerde elektrik yükleri Şekil 6.1.9'daki gibi gelişigüzel ve çiftler hâlinde bulunur. Yüklü bir cisim, yüksüz bir yalıtkana yaklaştırıldığında yük çiftleri madde içinde yer değiştirmeden düzenli bir şekilde dizilir (Şekil 6.1.10) ve bu olay iletkenlerde olduğu gibi yalıtkanlarda da kutuplanma olarak adlandırılır. Kutuplanma sonucunda negatif yüklü tarak, kâğıt parçalarını kendisine doğru çeker. Etki ortadan kalktığında yük çiftleri eski düzensiz hâline geri döner.



Şekil 6.1.8: Etki ile elektriklenme örneği



Şekil 6.1.9: Yüksüz yalıtkanda yük çiftlerinin dağılımı

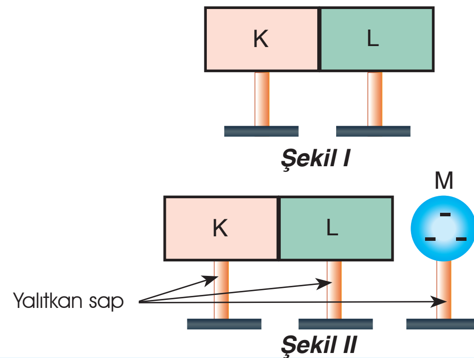


Şekil 6.1.10: Yalıtkanın etki ile elektriklenmesi

SIRA SİZDE 3

Yüksüz, iletken K ve L cisimleri Şekil I'deki gibi temas hâlindedir. Negatif yüklü M küresi Şekil II'deki gibi yaklaştırılıyor.

M küresi uzaklaştırılmadan, yalıtkan saplarından tutularak birbirinden ayrılan K ve L cisimlerinin son yük işaretleri ne olur?







Sürtünme ve etkiyle elektriklenme ile ilgili verilen linkteki simülasyonu inceleyiniz.

Kapalı sistem; çevreyle madde alışverişi yapmayan, sadece enerji alışverişi yapabilen sistemdir. Elektrikle yüklenme çeşitleri incelendiğinde kapalı bir sistemin toplam elektrik yükünün sabit olduğu görülür. **Yükün Korunumu Kanunu** olarak bilinen bu kanuna göre herhangi bir kapalı sistemdeki yüklerin cebirsel toplamı daima sabittir. Elektriklenme türlerinin tamamında Yük Korunumu Kanunu geçerlidir.

Kimyasal tepkimelerde de yük korunur. Tepkimeye giren maddelerin toplam yükü, tepkimeden çıkan ürünlerin toplam yüküne eşittir.

ÖRNEK SORU

Yalıtkan zeminde durmakta olan iletken K, L ve M cisimlerinin yükleri sırasıyla +4q, -2q ve -8q'dur.
Cisimler aynı anda birbirine dokundurulduğunda K ve L'nin yükleri sırasıyla -3q ve -q olduğuna göre M'nin son yükü nedir?

ÇÖZÜM

Sistemi oluşturan K, L ve M cisimlerinin birbirine dokundurulmadan önceki toplam yükleri

$q_{toplam}=(+4q)+(-2q)+(-8q)$

$q_{toplam}=-6q$'dur.

Yükün korunumu kanununa göre

$q_{ilk}=q_{son}=-6q$ olur

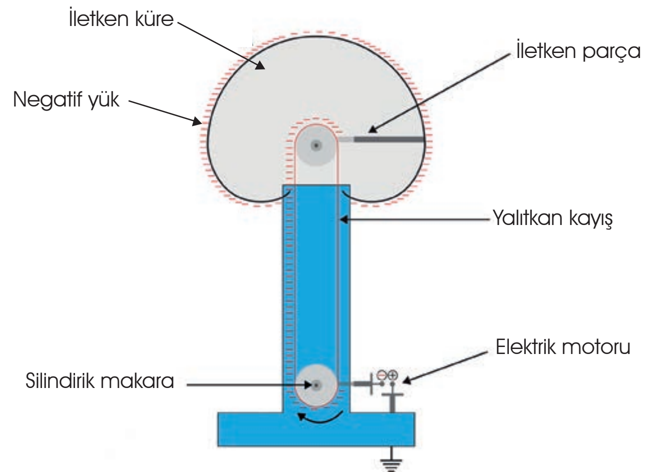
$q_{K-son}+q_{M-son}+q_{L-son}=-6q$

$(-3q)+q_{M-son}+(-q)=-6q$

$q_{M-son}=-2q$ bulunur.

SIRA SİZDE 4

VDG jeneratörünün çalışma prensibini şema üzerinde açıklayınız.





Araştırınız

Elektrostatik boyama tekniğini ve elektrostatik baca filtrelerinin çalışma prensiplerini araştırınız.

6.1.3 ELEKTROSKOP

Elektroskop, bir cismin elektrik yüküyle yüklü olup olmadığını, yüklü ise hangi cins elektrik yükü ile yüklü olduğunu anlamaya yarayan alettir. Elektrostatik deneylerinde elektroskop kullanılır. Elektroskopa hem dokunma hem de etki ile elektriklenme yolları uygulanarak cisimlerin yük cinsi belirlenebilir ve yük miktarları kıyaslanabilir.

Eski elektroskoplar ön kısmı ya da tamamı camdan yapılmış silindir ya da dikdörtgenler prizması şeklindeydi. Elektroskopun üst kısmındaki yalıtkan başlığın içinden **elektrot** adı verilen iletken parça geçmekte ve elektrotun ucunda iyi bir iletken olan, çok ince, altın yapraklar bulunmaktaydı (Görsel 6.1.1).







VDG jeneratörü ile ilgili verilen linklerdeki simülasyonları inceleyiniz.



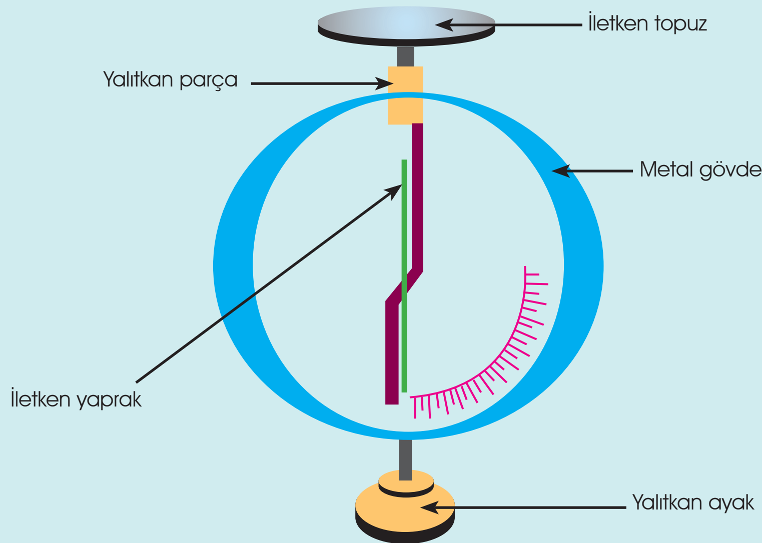
Görsel 6.1.1: Elektroskop örneği



Görsel 6.1.2: İğne uçlu elektroskop

Günümüzde kullanılan elektroskoplar Görsel 6.1.2'deki gibidir ve bu elektroskop türü **iğne uçlu elektroskop** olarak adlandırılmaktadır.

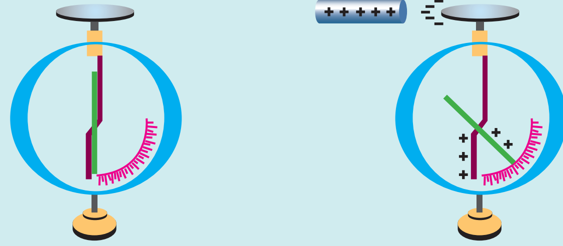
Elektroskopun bölümleri Şekil 6.1.11'de verilmiştir.



Şekil 6.1.11: Elektroskopun bölümleri

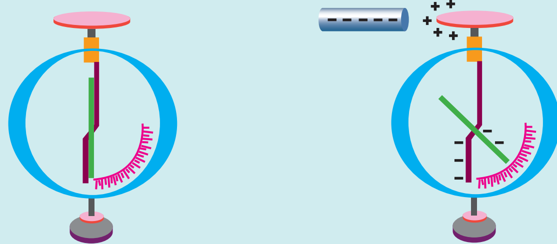
Elektroskop nötr hâldeyken yaprakları kapalıdır. Yüklendiğinde ise elektrostatik itme nedeniyle yaprakları açılır. Yüklü olup olmadığı belirlenmek istenen cisim, nötr hâldeki elektroskopun topuzuna yaklaştırılır ve elektroskopun yapraklarının hareketi gözlenir.

Nötr elektroskopa Şekil 6.1.12'deki gibi pozitif yüklü bir cisim yaklaştırıldığında etki ile elektriklenme gerçekleşir. Elektroskoptaki negatif yükler topuza çekilir ve yapraklarda pozitif yük fazlalığı oluşur. Pozitif yükle yüklenen yapraklar birbirini iterek açılır.



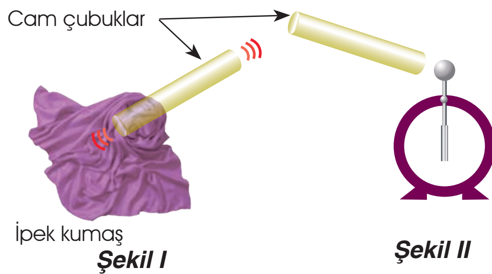
Şekil 6.1.12: Nötr elektroskopun etki ile elektriklenmesi

Nötr elektroskopa Şekil 6.1.13'teki gibi negatif yüklü bir cisim yaklaştırıldığında negatif yükler yapraklara itilir, topuzda pozitif yük fazlalığı oluşur. Elektroskopun yaprakları negatif yükle yüklenerek açılır.



Şekil 6.1.13: Nötr elektroskopun etki ile elektriklenmesi

ÖRNEK SORU



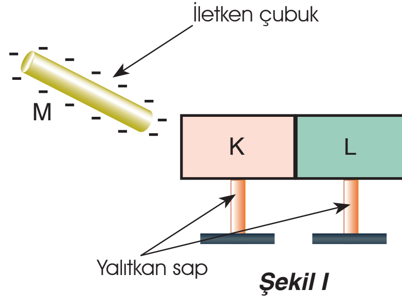
Şekil I'deki gibi ipek kumaşa sürtülen cam çubuk yüksüz elektroskopa Şekil II'deki gibi yaklaştırıldığında elektroskopun topuzu ve yaprakları hangi elektrik yükü ile yüklenir?

ÇÖZÜM

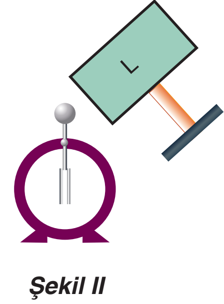
İpek kumaşa sürtülen cam çubuk pozitif elektrik yükü ile yüklenir. Çubuk elektroskopun topuzuna yaklaştırıldığında negatif yükleri kendisine doğru çeker. Elektroskopun topuzu negatif elektrik yükü ile yüklenirken yaprakları pozitif elektrik yükü ile yüklenir. Elektroskopun yaprakları açılır.

SIRA SİZDE 5

Temas hâlindeki yüksüz, iletken K ve L cisimlerine Şekil I'deki gibi negatif yüklü M çubuğu yaklaştırılıyor. Çubuk ortamdan uzaklaştırılmadan yalıtkan saplarından tutulan K ve L cisimleri birbirinden ayrılıyor.
L cismi Şekil II'deki gibi yüksüz bir elektroskopa yaklaştırıldığında elektroskopun topuzunun ve yapraklarının yük işareti ne olur?



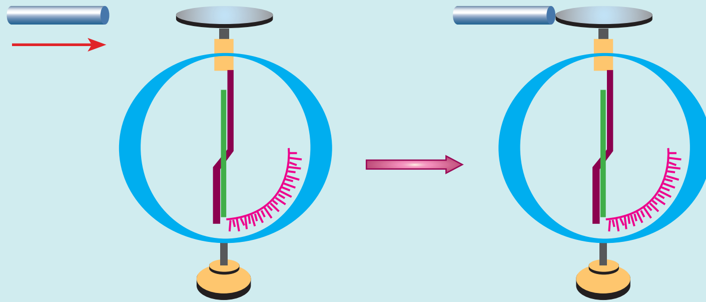
Şekil I



Şekil II

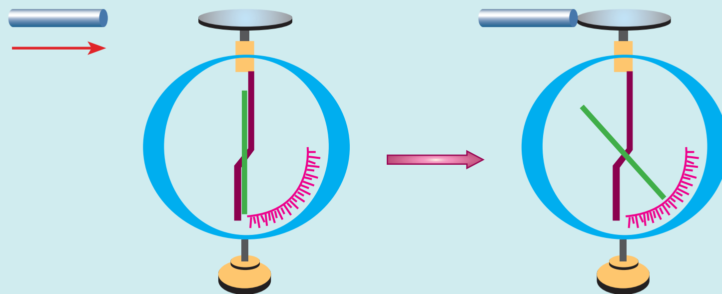
Yüklü olup olmadığı belirlenmek istenen cisim nötr bir elektroskopun topuzuna dokundurulduğunda dokunma ile de elektriklenme gerçekleşir.

Nötr bir elektroskopa Şekil 6.1.14'teki gibi bir cisim temas ettirildiğinde yapraklarda hareket gözlenmezse temas ettirilen cisim nötr demektir.



Şekil 6.1.14: Nötr elektroskopa dokunan nötr cisim

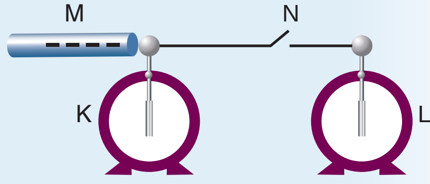
Nötr elektroskopa Şekil 6.1.15'teki gibi bir cisim temas ettirildiğinde yapraklar açılırsa cisim elektrikle yüklü demektir. Dokunma ile elektriklenme sonucunda cisim elektroskopla yük paylaşır. Topuz ve yapraklar cismin yüküyle yüklenir ve yapraklar açılır. Bu durumda cismin yüklü olduğu söylenebilir ama yükünün işareti hakkında yorum yapılamaz.



Şekil 6.1.15: Nötr elektroskopun dokunma ile elektriklenmesi

ÖRNEK SORU

Yüksüz K ve L elektroskopları, üzerinde N anahtarı bulunan iletken tel ile birbirine bağlanmıştır.

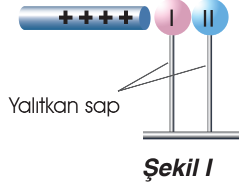


Önce negatif yüklü M çubuğu, K'nin topuzuna dokundurulup uzaklaştırıldıktan sonra N anahtarı kapatıldığında K ve L elektroskoplarının yapraklarının hareketi nasıl olur?

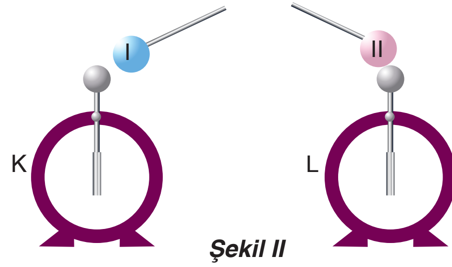
ÇÖZÜM

M çubuğu K elektroskopuna dokundurulduğunda negatif elektrik yükü ile yüklenen K'nin yaprakları açılır.
N anahtarı kapatıldığında K'den L'ye yük geçişi olur. K'nin yaprakları biraz kapanır. L'nin yaprakları açılır.

SIRA SİZDE 6



Şekil I

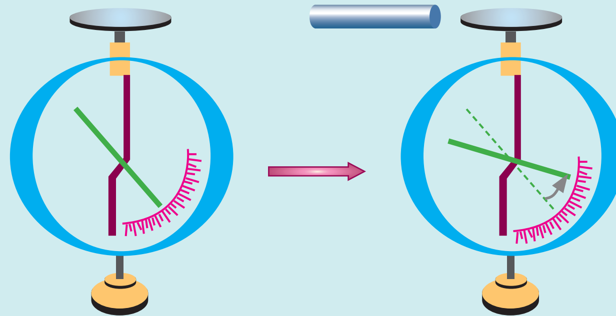


Şekil II

Birbiri ile temas hâlindeki iletken I ve II numaralı kürelere Şekil I'deki gibi pozitif yüklü çubuk yaklaştırılıyor. Çubuk uzaklaştırılmadan, küreler yalıtkan saplarından tutularak birbirinden ayrılıyor. I numaralı küre nötr K elektroskopuna yaklaştırılırken II numaralı küre nötr L elektroskopuna dokunduruluyor.
Son durumda K ve L elektroskop yapraklarının yük işareti ne olur?

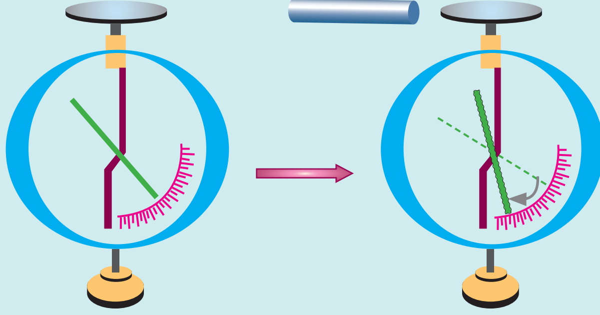
Bir cismin yükünün cinsi belirlenmek istenildiğinde yüklü elektroskop kullanılır. Yüklü cisim, yükü bilinen bir elektroskopa yaklaştırılarak yaprakların hareketi gözlemlenir.

Yüklü elektroskopun yaprakları Şekil 6.1.16'daki gibi açıktır. Elektroskopa cisim yaklaştırıldığında yapraklar hareket ediyorsa cisim yüklü demektir. Yaprakların Şekil 6.1.16'daki gibi biraz daha açılması yapraklardaki yük miktarının arttığını gösterir. Bu durum ancak cisim ile elektroskopun aynı cins elektrik yükü ile yüklü olması durumunda gerçekleşir. Elektroskopun yük cinsi biliniyorsa cismin yükü de belirlenmiş olur.



Şekil 6.1.16: Aynı cins elektrik yükü ile yüklü cisim ve elektroskop

Yüklü elektroskopa yüklü cisim yaklaştırıldığında yaprakların Şekil 6.1.17'deki gibi biraz kapanması cismin ve elektroskopun zıt elektrik yükü ile yüklü olduğunu gösterir.



Şekil 6.1.17: Zıt elektrik yükü ile yüklü cisim ve elektroskop

ÖRNEK SORU

Yüklü bir elektroskopun topuzuna K çubuğu yaklaştırıldığında elektroskopun yaprakları-nın biraz daha açıldığı, L çubuğu yaklaştırıl-dığında biraz kapandığı gözleniyor.
Buna göre elektroskopun ve çubukların yük işaretleri hakkında ne söylenebilir?

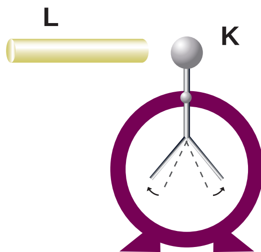
ÇÖZÜM

Elektroskop yapraklarının biraz daha açılması, yapraklardaki yük miktarının artmasından kaynaklanır. K çubuğu yaklaştırıldığında yap-raklar biraz daha açıldığına göre yapraklarda-ki yük miktarı artmıştır. Bu durum K çubuğu ile elektroskop yükünün aynı işaretli olması hâlinde gerçekleşir.
Elektroskop yapraklarının biraz kapanması, yapraklardaki yük miktarının azalmasıyla gerçekleşir. L çubuğu yaklaştırıldığında yap-raklar biraz kapandığına göre yapraklardaki yük miktarı azalmıştır. Bu durum L çubuğu ile elektroskop yükünün zıt işaretli olması hâlinde gerçekleşir.

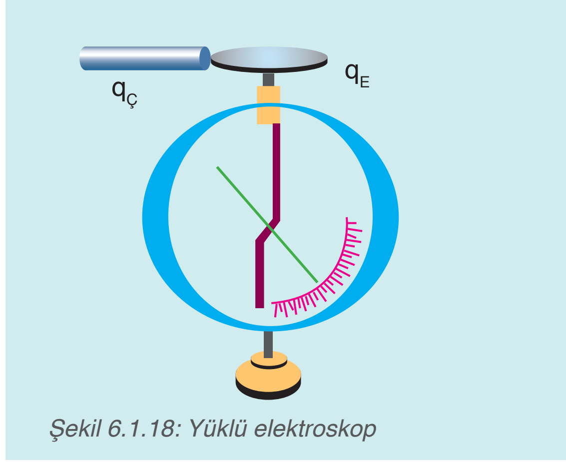
SIRA SİZDE 7

Yüklü bir elektroskopun topuzuna bir cisim yaklaştırıldığında yaprakların önce kapandığı, sonra tekrar açıldığı gözleniyor. Bu durumu nasıl açıklarsınız?

SIRA SİZDE 8



İpek kumaşa sürtülerek elektrikle yüklenmiş L cam çubuğu, K elektroskopuna dokundurulmadan yaklaştırılıyor. K elektrosko-punun yapraklarının daha da açıldığı gözlemleniyor.
Buna göre K elektroskopunun ilk durumdaki yükü hakkında ne söyleyebilirsiniz?



Şekil 6.1.18: Yüklü elektroskop

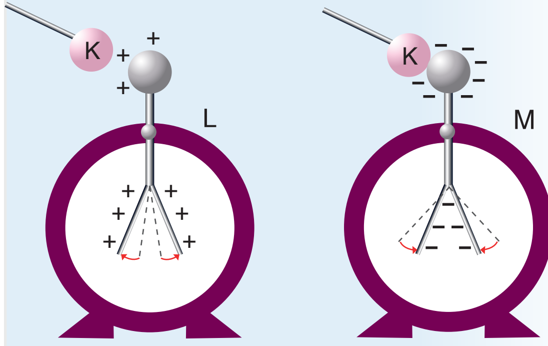
Cisimlerin yük tutma kapasitelerinin yüzey alanlarıyla ya da küresel cisimlerde yarıçaplarıyla orantılı olduğu belirtilmiştir. Bir elektroskopa yük tutma kapasitesi eşit iletken bir çubuk dokundurulduğunda cismin yüküne bağlı olarak elektroskopun yapraklarında farklı hareketler gözlenebilir.

Yükü $q_Ç$ olan iletken çubuğun, Şekil 6.1.18'deki gibi yükü q_E olan elektroskopa dokundurulması sonucunda gözlemlenebilecek olası durumlar Tablo 6.1.1'de verilmiştir.

Tablo 6.1.1: Yüklü elektroskopun dokunma ile elektriklenmesi

	Çubuk ve elektroskopun yük işaretleri aynı ve $q_Ç > q_E$ ise elektroskopun yaprakları biraz daha açılır.
	Çubuk ve elektroskopun yük işaretleri aynı ve $q_Ç = q_E$ ise elektroskopun yapraklarında hareket gözlenmez.
	Çubuk ve elektroskopun yük işaretleri aynı ve $q_Ç < q_E$ ise elektroskopun yaprakları biraz kapanır.
	Çubuk ve elektroskopun yük işaretleri zıt ve $q_Ç < q_E$ ise elektroskopun yaprakları biraz kapanır.
	Çubuk ve elektroskopun yük işaretleri zıt ve $q_Ç = q_E$ ise elektroskopun yaprakları tamamen kapanır.
	Çubuk ve elektroskopun yük işaretleri zıt ve $q_Ç > q_E$ ise elektroskopun yaprakları önce tamamen kapanır, sonra açılır. Elektroskopun son yükü çubuğun yüküyle aynı işaretlidir.

ÖRNEK SORU



Şekil I *Şekil II*

K küresi, pozitif yüklü L elektroskopuna yaklaştırıldığında elektroskopun yaprakları Şekil I'deki gibi biraz daha açılmaktadır. K küresi, negatif yüklü M elektroskopuna dokundurulduğunda ise yapraklar Şekil II'deki gibi biraz kapanmaktadır. K küresinin, L ve M elektroskoplarının ilk yükleri sırasıyla q_K, q_L ve q_M'dir. Buna göre,

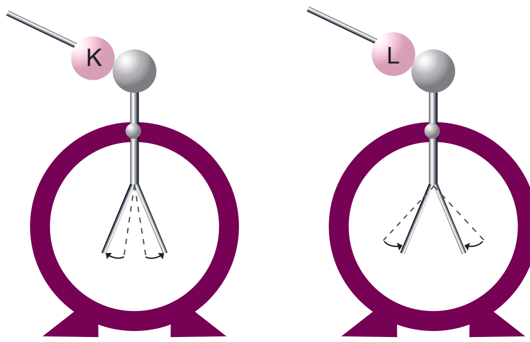
a) K küresinin yük işareti nedir?
b) q_K, q_L ve q_M arasındaki büyüklük ilişkisi nedir?

ÇÖZÜM

a) K küresi L elektroskopuna yaklaştırıldığında yaprakları biraz daha açıldığına göre K küresi pozitif yüklüdür. M elektroskopuna dokundurulduğunda yaprakların biraz kapanıyor olması K'nin pozitif yüklü ya da negatif yüklü olması ve $q_K < q_M$ durumunda gerçekleşir. Her iki şekil için de geçerli durum K küresinin yük işaretinin pozitif olmasıdır.

b) q_K ve q_L'nin büyüklükleri hakkında yorum yapılamaz.
M elektroskopunun yaprakları biraz kapandığı için
$q_K < q_M$'dir.

SIRA SİZDE 9



Şekil I *Şekil II*

Özdeş ve eşit miktarda pozitif elektrik yüküne sahip elektroskopların topuzlarına özdeş, pozitif yüklü K ve L cisimleri dokunduruluyor. Şekil I'deki elektroskopun yaprakları biraz daha açılırken Şekil II'deki elektroskopun yaprakları biraz kapanıyor.
K cisminin yükü q_K ve L cisminin yükü q_L olmak üzere q_K ve q_L arasındaki ilişki nedir?

SIRA SİZDE 10

Ebonit çubuğun yün kumaşa sürtüldüğünde negatif yükle yüklendiğini öğrenen Salih, ebonite benzer yapıdaki cisimlerin de negatif yükle yüklendiği çıkarımını yapmak istiyor. Bunun için tasarlamış olduğu deneyi yapıyor ve elde ettiği sonuçları aşağıdaki gibi sıralıyor:

- *Lastik top yünlü kumaşa sürtüldükten sonra nötr elektroskopun topuzuna dokundurulduğunda elektroskopun yaprakları açılıyor.*
- *Sert plastikten yapılmış kalem, yünlü kumaşa sürtülüyor. Lastik topun temas ettirildiği elektroskopa dokundurulduğunda elektroskopun yapraklarının açıklığı değişmiyor.*
- *Plastik oyuncak, yünlü kumaşa sürtülerek lastik topun temas ettirildiği elektroskopun topuzuna dokundurulduğunda elektroskopun yaprakları biraz daha açılıyor.*

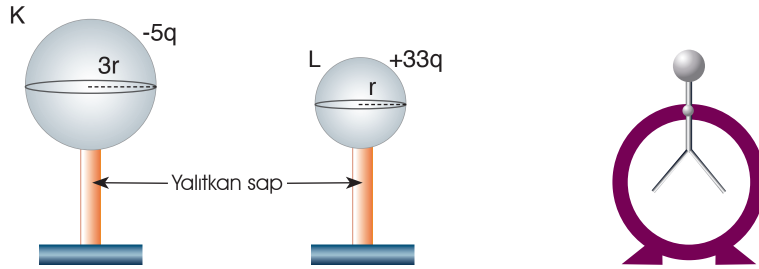
Salih'in lastik top, sert plastikten yapılmış kalem, plastik oyuncak seçimi doğru mudur? Açıklayınız.

....

Salih, yaptığı bu deneyler sonucunda cisimlerden birinin yüklenmediği fikrini savunuyor. Sınıf arkadaşı Elif ise Salih'in bu savunduğu fikrin hatalı olduğunu söylüyor. Sizce Salih'in savunduğu fikir nedir? Salih mi, Elif mi haklıdır? Sebebiyle açıklayınız.

....
....
....

SIRA SİZDE 11



Yarıçapı 3r ve yükü -5q olan K küresine, r yarıçaplı +33q yüke sahip L küresi dokunduruluyor. Daha sonra L küresi, yükü -6q olan elektroskopun topuzuna dokunduruluyor. Elektroskopun yapraklarının hareketi için ne söylenebilir?

6.1.4 İLETKEN VE YALITKAN MADDELERDE YÜK DAĞILIMI

Maddelerin ayırt edici özelliklerinden biri olan iletkenlik özelliği, maddelerin elektrik iletimi ile ilgili bir kavramdır. Maddeler bu özelliklerine göre iletken ve yalıtkan şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Yalıtkan maddelerin iletkenlik özelliğini incelemek için "Yalıtkan maddelerde yük dağılır mı?" etkinliğini yapınız.

ETKİNLİK

ETKİNLİĞİN ADI: ***Yalıtkan Maddelerde Yük Dağılır Mı?***

ETKİNLİĞİN AMACI: ***Yalıtkan maddelerde yük dağılımının incelenmesi***

KULLANILAN MALZEMELER: ***Çocuk balonu, yün kumaş, kâğıt parçaları***

- *4 kişilik gruplar oluşturunuz.*
- *Çocuk balonunu şişiriniz ve balonun bir tarafını resimdeki gibi yün kumaşa sürtünüz.*
- *Önce yün kumaşa sürttüğünüz tarafı kâğıt parçacıklarına yaklaştırınız ve kâğıt parçalarının hareketini gözlemleyiniz.*
- *Sonra balonun yün kumaşa sürtmediğiniz tarafını kâğıt parçalarına yaklaştırınız ve kâğıt parçalarının hareketini gözlemleyiniz.*



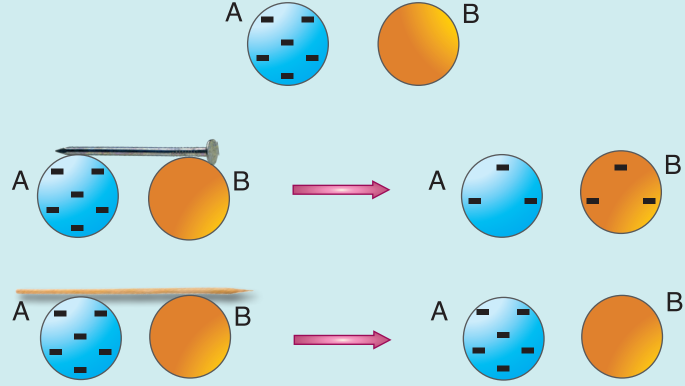
ETKİNLİĞİN SONUÇLANDIRILMASI

1. *Balonun yün kumaşa sürtülen tarafının kâğıt parçalarına yaklaştırılması durumunda kâğıt parçalarının hareketini sebepleriyle açıklayınız.*
2. *Balonun yün kumaşa sürtülmeyen tarafının kâğıt parçalarına yaklaştırılması durumunda kâğıt parçalarının hareketini sebepleriyle açıklayınız.*
3. *Bu etkinlikte balon yerine alüminyum kâğıt kullansaydınız kâğıt parçacıklarının hareketlerinde değişiklik olur muydu? Etkinlikte alüminyum kâğıt kullanılmamasının nedeni ne olabilir?*

Atomda çekirdeğe yakın yörüngelerdeki elektronlar atoma sıkı bağlıyken dış yörüngelerdeki elektronlar daha zayıf bağlıdır. Metal atomlarının son yörüngelerindeki elektronlar ise çekirdeğe serbest denecek kadar zayıfça bağlıdır. Bu elektronlar dış etki ile bir atomdan diğer atoma hareket edebilir ve madde içinde serbestçe ilerleyebilir. Bir tek elektronun hareketi, Coulomb kuvvetinin etkisiyle diğer elektronların da hareket etmesine ve zincirleme bir ilerlemeye neden olur. Bu şekilde enerjinin bir elektrondan diğerine aktarılması ile elektrik akımı meydana gelir. Madde içerisinde serbestçe hareket edebilen bu elektronlara **serbest elektron** adı verilmektedir.

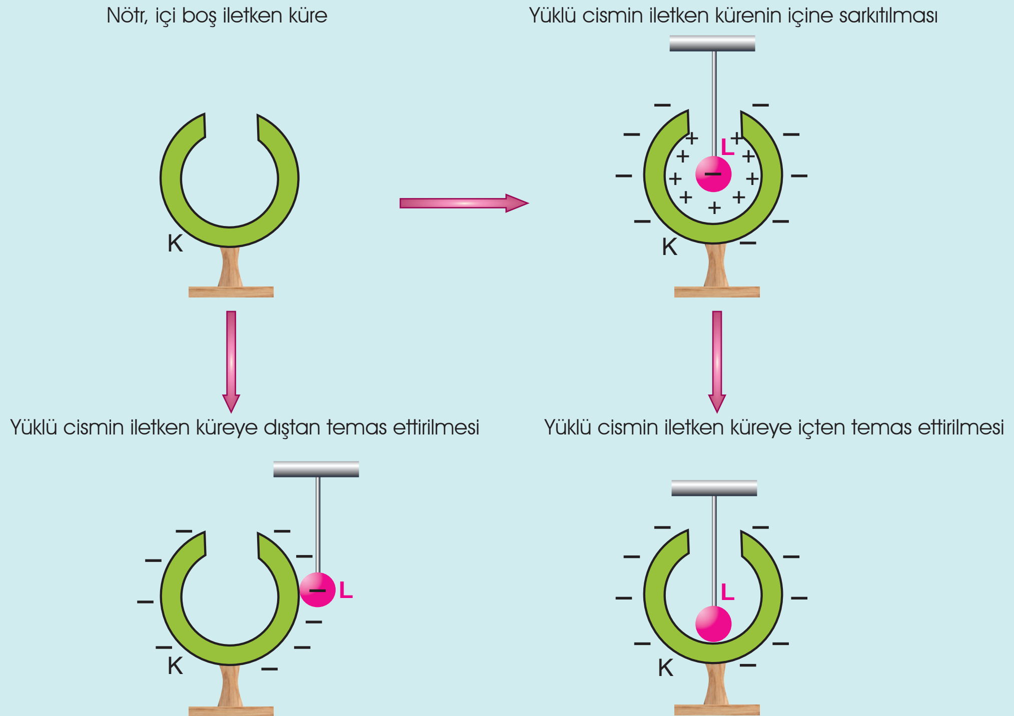
İçerisinde çok sayıda serbest elektron barındıran maddelere **iletken** denir. İletkenlere bakır, altın, gümüş, alüminyum gibi metaller örnek olarak verilebilir. İçerisinde çok az sayıda serbest elektron bulunduran ya da hiç bulundurmayan maddelere ise **yalıtkan** adı verilir. Yalıtkandaki atomların elektronları çekirdeğe sıkıca bağlıdır, yükler yalıtkan üzerinde kolayca hareket edemez. Bu nedenle yalıtkan maddelerde yükler, yalıtkan üzerinde ilerleyemez ancak bölgesel elektriklenme gözlenir. Yalıtkanlara örnek olarak plastik, tahta, cam ve kauçuk verilebilir.

Metal bir çivi Şekil 6.1.19'daki gibi negatif yüklü iletken A küresi ile yüksüz, iletken B küresine temas edecek biçimde yerleştirildiğinde bir süre sonra B küresinin de elektrikle yüklendiği gözlemleniyor. İkinci durumda A ve B kürelerinin üzerine ahşap kürdan yerleştirildiğinde ise B küresi ya elektrikle yüklenemez ya da yüklenmesi çok uzun zaman alır.



Şekil 6.1.19: Negatif yüklü A küresi ile yüksüz B küresinin elektrikle yüklenmesi

İletken maddelerde yükler birbirlerinden uzak olacak biçimde yerleşir. Bu nedenle içi boş iletken bir küre yüklenecek olursa net yük, küre yüzeyine düzgün bir şekilde dağılır. İletken kürenin iç kısmında elektrik yükü bulunmaz.



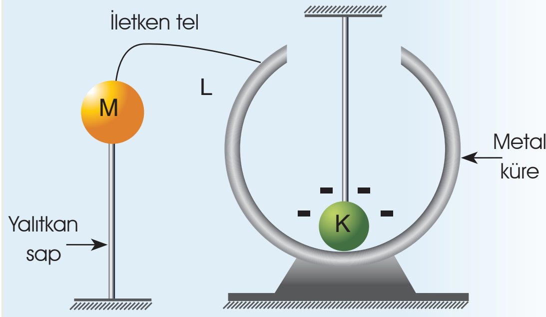
Şekil 6.1.20: İletken, nötr içi boş kürenin elektrikle yüklenmesi

Yüksüz, içi boş iletken bir küreye negatif yüklü cisim Şekil 6.1.20'deki gibi içten yaklaştırıldığında etki ile elektriklenme gerçekleşir. Kürenin iç kısmı pozitif elektrik yüküyle yüklenirken ne-

gatif yükler, kürenin dış yüzeyine yayılır. Negatif yüklü cisim, küreye içten temas ettirildiğinde bütün elektrik yükü iletken kürenin yüzeyine dağılır ve cisim nötr hâle gelir. Negatif yüklü cisim iletken küreye dıştan dokundurulduğunda ise cismin yükü, cisim ile iletken küre arasında yarıçaplarıyla orantılı olarak paylaşılır. Her ikisi de negatif yüklü olur.

ÖRNEK SORU

Yalıtkan sap üzerindeki yüksüz M cismi, yüksüz ve iletken L küresinin dış yüzeyine şekildeki gibi iletken bir telle bağlanmıştır.



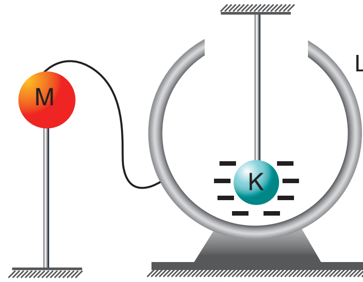
Negatif yüklü K cismi kürenin iç yüzeyine dokundurulduğunda M cisminin son durumdaki yük işareti ne olur?

ÇÖZÜM

K cismi L küresine içten dokundurulduğunda tüm yükü L küresinin dış yüzeyine dağılır. L'nin dış yüzeyine iletken telle bağlı M cismi ve L küresinin dış yüzeyi negatif elektrikle yüklenir.

SIRA SİZDE 12

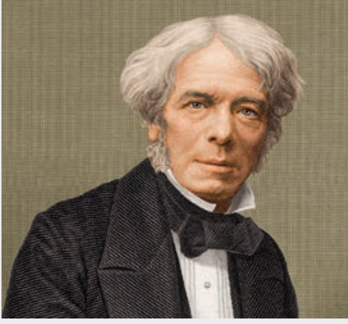
Yalıtkan sap üzerindeki yüksüz M cismi, yüksüz ve iletken L küresinin dış yüzeyine şekildeki gibi metal bir telle bağlanıyor. Negatif yüklü K cismi, kürenin içine sarkıtılıyor.



Buna göre,

a) Son durumda M cisminin yük işareti ne olur?

b) Aynı düzenekte M küresi negatif yüklü, K küresi yüksüz olsaydı L küresi elektrikle yüklenebilir miydi? Açıklayınız.

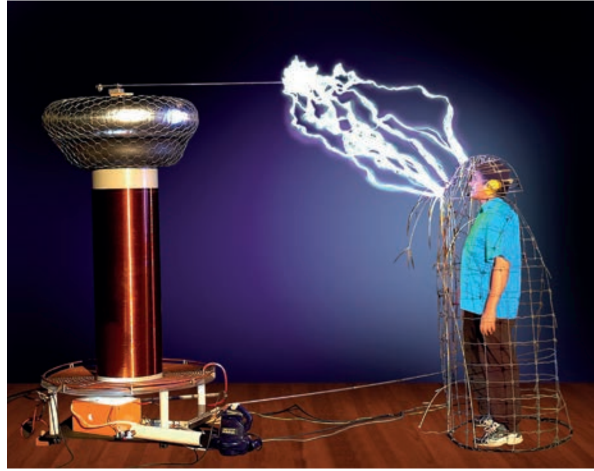


Görsel 6.1.3: Michael Faraday (Maykıl Faraday) 1791-1867 (Temsili)

Michael Faraday (Görsel 6.1.3) iletkenlerde bulunan fazla yüklerin, iletkenin dış yüzeyinde toplandığını keşfetmiştir. Keşfinin uygulaması olarak 1836 yılında Görsel 6.1.4'tekine benzer, Faraday kafesi olarak adlandırılan yapıyı bilim dünyasına kazandırmıştır. Elektrostatik kalkan olarak da adlandırılan Faraday kafesi metal tellerle ağ şeklinde örülmüş bir yapıdır. Yıldırım gibi elektrik boşalmalarında elektrik akımı iletken üzerinde kalır, elektrik yükleri kafesin içine girmez. Kafesin içi, yüksek elektrik boşalmasından korunmuş olur. Yıldırım düşmesi sırasında açık alanda bulunuluyorsa en güvenli yerin arabanın içi olmasının nedeni de budur.

Uçakların metal gövdesi de Faraday kafesi görevini görür. Uçağa şimşek ya da yıldırım çarpması durumunda uçağın içindeki cihazlar ve insanlar yüksek gerilimden etkilenmez. Yüksek gerilim hatlarında çalışan insanların kıyafetlerinde metal örgüler kullanılır. Bu kıyafetler insanları elektrik çarpmalarından korur. Faraday kafesinde en iyi koruma, metal ağın topraklanması ile gerçekleşir.

Elektrik yüklerinin etkisini bloke etmek amacıyla tasarlanan Faraday kafesi, elektromanyetik dalgaları engellemek için de kullanılmaktadır. Bu tür korumaya RF (radyo frekans) koruma adı verilmektedir. Sağlık alanında görüntüleme amaçlı kullanılan MR (manyetik rezonans) cihazlarının bulunduğu odalarda RF koruma vardır. Bu şekilde dışarıdan gelecek sinyallere kapalı olan odalarda daha sağlıklı görüntüleme yapılmaktadır.



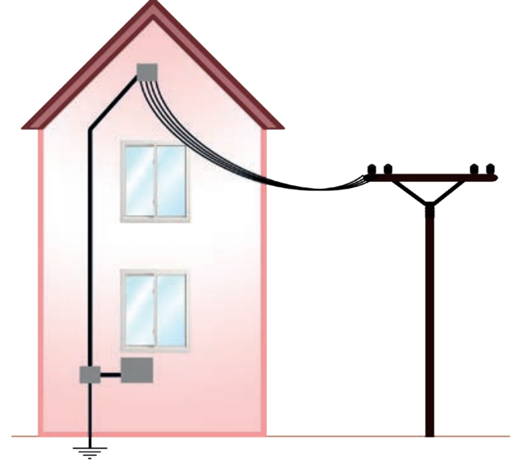
Görsel 6.1.4: Faraday kafesi örneği

6.1.5 TOPRAKLAMA

Elektrik dağıtım şebekelerinden bina girişlerine dört kablo gelir. Bu kablolardan üç tanesi faz olarak adlandırılır ve elektrik akımını taşır. Dördüncü kablo ise nötrdür. İnşaat sırasında büyük bir bakır levha ya da çubuğa kablo bağlanarak toprağa gömülür. Toprak hattını oluşturan bu kablo da şebekeden gelen kabloların binaya girdiği noktaya bağlanır (Şekil 6.1.21). Bu noktadan itibaren her daire girişine biri faz, biri nötr ve biri de toprak hattı olmak üzere üç hat çekilir. Prizlerdeki deliklerden birine faz, birine nötr kablo bağlanır (Görsel 6.1.5). Prizde Görsel 6.1.6'daki gibi metal çıkıntılar varsa bu metal parçalar da toprak hattına bağlanır.


Görsel 6.1.5: Normal priz


Görsel 6.1.6: Topraklı priz


Şekil 6.1.21: Ev girişindeki elektrik kabloları

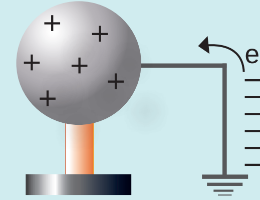
Günlük hayatta topraklama, bir elektrik devresine toprak hattı bağlama işlemidir. Amaç herhangi bir elektrik kaçağı durumunda elektrikli cihazı kullanan kişinin can güvenliğini sağlamak ve cihazın bozulmasını önlemektir. Çünkü elektrik kaçağı durumunda akım, direnci daha düşük olan toprak hattını seçer ve akım, cihaz ya da kişiye zarar vermeden toprağa geçer.

Elektrostatikte ise yüklü bir cismi ya da sistemi toprağa bağlayarak nötr yapma olayına **topraklama** adı verilir. Toprak tüm sistemlere göre sonsuz büyüklükte kabul edilecek yük kapasitesine sahiptir. Bu nedenle yüklü bütün cisimleri nötrleyecek yapıdadır.

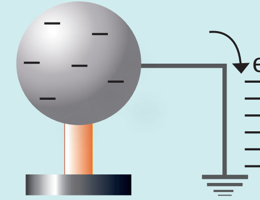
Pozitif yüklü iletken cisim toprağa bağlandığında topraktan cisme elektron geçişi olur (Şekil 6.1.22 a). Bu geçiş cisim nötr hâle gelinceye kadar devam eder.

Negatif yüklü iletken cisim, toprağa bağlandığında ise negatif yükler toprağa geçer (Şekil 6.1.22 b) ve cisim nötr hâle gelir.

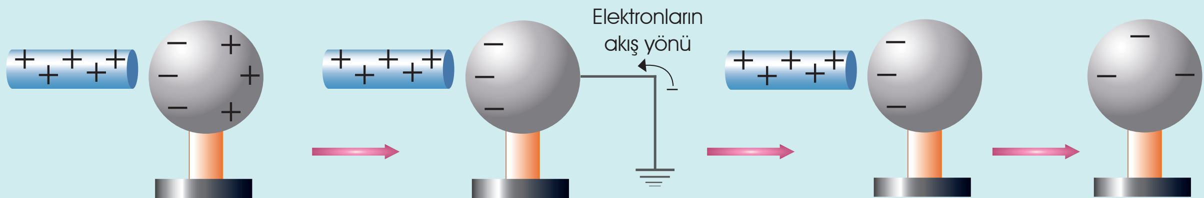
Elektrostatik olaylarda yapılan işlemlerin sıralaması çok önemlidir. Örneğin nötr iletken küreye pozitif yüklü çubuk yaklaştırıldığında küre Şekil 6.1.23'teki gibi elektriklenecektir. Çubuk uzaklaştırılmadan küreye toprak bağlantısı yapılırsa bağlantının yapıldığı bölge nötr hâle gelir. Çubuk ortamdan uzaklaştırılmadığı sürece negatif yükler çubuk tarafından tutulur. Toprak bağlantısı kesildiğinde iletken kürenin bir tarafı negatif yüklü, diğer tarafı nötr olur. Çubuk ortamdan uzaklaştırıldığında yükler iletken yüzeyine dağılır ve cisim negatif elektrik yükü ile yüklenir.



Şekil 6.1.22 (a): Pozitif yüklü kürenin topraklanması



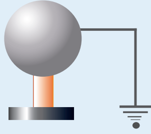
Şekil 6.1.22 (b): Negatif yüklü kürenin topraklanması



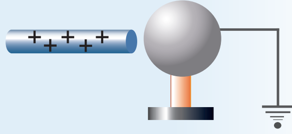
Şekil 6.1.23: Cisimlerin topraklama yolu ile elektriklenmesi

ÖRNEK SORU

Metal küre Şekil I'deki gibi toprağa bağlandıktan sonra pozitif yüklü çubuk Şekil II'deki gibi yaklaştırılıyor.



Şekil I



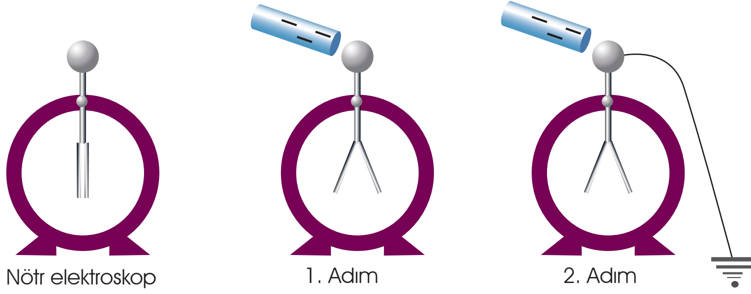
Şekil II

Çubuk küreden uzaklaştırıldıktan sonra kürenin toprak bağlantısı kesilirse kürenin son yük durumu ne olur?

ÇÖZÜM

Toprağa bağlı küre nötr hâldedir. Pozitif yüklü çubuk yaklaştırıldığında kürenin çubuğa yakın olan tarafında negatif yükler toplanır. Kürenin diğer tarafı toprak bağlantısı nedeniyle tekrar nötr olur. Toprak bağlantısı kesilmeden çubuk uzaklaştırıldığı için küre nötr hâle gelir. Toprak bağlantısı kesildiğinde kürenin nötr hâli değişmez.

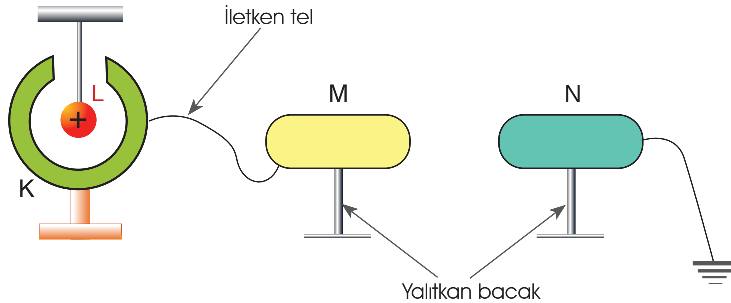
SIRA SİZDE 13



Nötr elektroskopa önce negatif yüklü çubuk yaklaştırılıyor (1. Adım). Sonra elektroskop topuzuna toprak bağlantısı yapılıyor (2. Adım). Yeterince beklendikten sonra, önce toprak bağlantısı kesiliyor sonra çubuk uzaklaştırılıyor.
Son durumda elektroskopun yükü ve yaprakların durumu ne olur?

SIRA SİZDE 14

Yüksüz, iletken M cismi; içi boş, iletken ve nötr K küresine dıştan iletken telle bağlanmıştır. Toprak bağlantısı bulunan iletken N cismi, M'yle elektriksel etkileşime girecek kadar yakındadır.



Pozitif yüklü L cismi, K küresinin içine şekildeki gibi dokundurulmadan sarkıtılıyor.
a) L küresi uzaklaştırılmadan N'nin toprak bağlantısı kesilirse N'nin son yükü ne olur?
b) L cismi uzaklaştırıldıktan sonra toprak bağlantısı kesilirse M ve N'nin son yükleri ne olur?

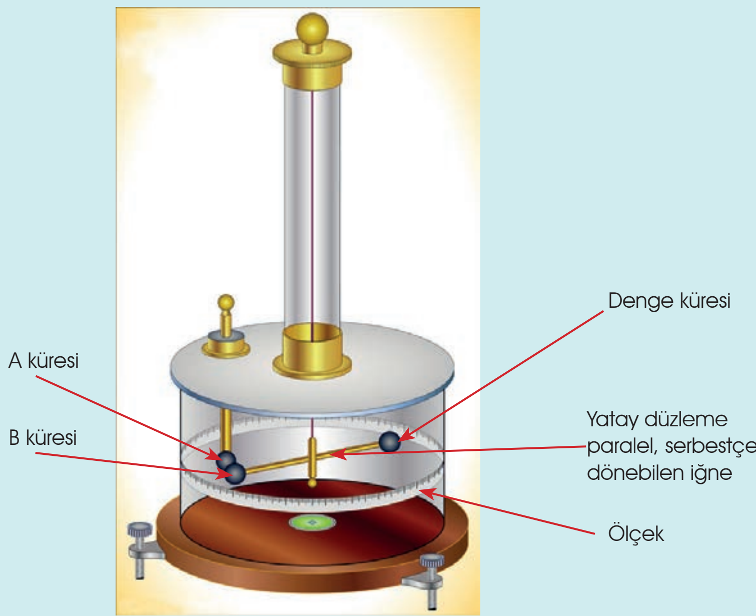
6.1.6 COULOMB KUVVETİ

Elektrik yüklü cisimler arasındaki itme ve çekme kuvvetleri üzerindeki ilk matematiksel çalışmalar Charles Augustin de Coulomb (Görsel 6.1.8) tarafından yapılmıştır.

Coulomb nokta yüklerin yani boyutları aralarındaki mesafeden çok küçük olan yüklü cisimlerin, arasındaki itme ve çekme kuvvetinin nelere bağlı olduğunu belirlemiş, 1785 yılında bugün Coulomb Yasası olarak da bilinen Elektriksel Kuvvet Yasası'nı bilim dünyasına sunmuştur. Coulomb, yasanın ispatında Şekil 6.1.24'teki burulma terazisini kullanmıştır.



Görsel 6.1.8:
Charles Augustin de Coulomb
(Şarl Ogüsten dö Kulon)
1736-1806
(Temsili)



Şekil 6.1.24: Coulomb'un kullandığı burulma terazisi



Coulomb kuvvetinin bağlı olduğu değişkenler ile ilgili "*Elektrik Yükleri Arasındaki Etkileşimleri Keşfetme"* interaktif etkinliği yapınız.

Burulma terazisinde başlangıçta A ve B küreleri temas hâlindedir. Coulomb A küresini cam silindir içinden çıkartarak pozitif elektrik yükü ile yükler. Daha sonra A küresini cam silindir içerisine sarkıtır. Yatay düzleme paralel ve serbestçe dönebilen iğnenin ucundaki B küresi A küresine temas ettiği anda A'dan uzaklaşır, yani bir burulma hareketi oluşur. Coulomb ölçek üzerinde B küresinin yaptığı burulma açısını belirler. Tekrar dışarı çıkarttığı A küresini kendisine özdeş başka bir küre ile temas ettirerek yükünün yarıya inmesini sağlar. A küresini tekrar silindirin içine sokar ve B küresinin yaptığı burulma açısını ölçer. A küresinin yükünü benzer şekilde sürekli azaltarak burulma miktarını belirlemeye devam eder.

Yaptığı ölçümler sonucunda Coulomb, yüklü cisimler arasındaki itme ya da çekme kuvvetinin cisimlerin yükleri ile doğru, aralarındaki mesafenin karesiyle ters orantılı olduğunu gösterir.



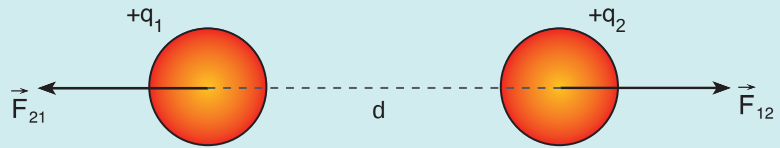
q_1 ve q_2 yüklerinin arasındaki mesafe d ve Coulomb sabiti k ($k=8,987551787.10^9$ $N.m^2/C^2$) olmak üzere yüklerin birbirine uyguladığı itme ya da çekme kuvvetinin büyüklüğü

$$F = k.\frac{q_1.q_2}{d^2}$$

şeklindedir.

Yükleri birleştiren doğru üzerinde oluşan Coulomb kuvvetinin yönü, yüklerin işaretine bağlı olarak değişir.

Şekil 6.1.25'te verilen pozitif q_1 ve q_2 yükleri birbirini iter. $\vec{F}_{12}$ q_1 yükünün q_2 yüküne, $\vec{F}_{21}$ q_2 yükünün q_1 yüküne uyguladığı kuvvet olmak üzere kuvvetlerin büyüklükleri birbirine eşit, yönleri zıttır. Bu durumda yükler birbirine itme kuvveti uygular.



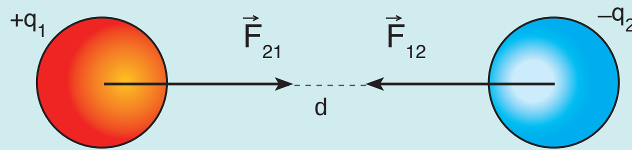
Şekil 6.1.25: Pozitif yüklerin birbirine uyguladığı itme kuvvetleri

Yüklerin birbirine uyguladıkları kuvvetler arasındaki ilişki

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$
$$F_{12} = F_{21}$$

şeklindedir.

Şekil 6.1.26'da verilen pozitif q_1 ve negatif q_2 yükleri birbirini çeker. $\vec{F}_{12}$ q_1 yükünün q_2 yüküne, $\vec{F}_{21}$ q_2 yükünün q_1 yüküne uyguladığı kuvvet olmak üzere kuvvetlerin büyüklükleri birbirine eşit, yönleri zıttır. Bu durumda yükler birbirine çekme kuvveti uygular.



Şekil 6.1.26: Zıt yüklerin birbirine uyguladığı çekme kuvvetleri

Bu durumda da kuvvetler arasındaki ilişki

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$
$$F_{12} = F_{21}$$

şeklindedir.

ÖRNEK SORU

Aralarında d mesafesi bulunan q_1 ve q_2 yüklerinin birbirlerine uyguladıkları kuvvetin büyüklüğü F kadardır.
Yüklerin büyüklükleri aynı kalmak şartıyla yükler arasındaki mesafe 2d yapılırsa son durumdaki kuvvetin büyüklüğü kaç F olur?

ÇÖZÜM

F kuvvetinin matematiksel modeli

$F = k \cdot \frac{q_1 . q_2}{d^2}$ şeklindedir.

Yüklerin aralarındaki mesafe iki katına çıkarıldığında kuvvet uzaklığın karesiyle $[(2d)^2=4d^2]$ ters orantılı olduğu için son kuvvet (F_{son}), ilk kuvvetin (F) dörtte biri olur.
Buna göre,

$F_{son} = \frac{F}{4}$ bulunur.

SIRA SİZDE 15

Aşağıda aralarında belirli mesafe olan iki elektrik yükünden oluşan bir sistemde yapılan değişikliklerin elektriksel kuvvete etkisi ile ilgili eksik cümleler verilmiştir.
Cümleleri doğru tamamlamak için boşluklara yazılması gereken ifadeyi daire içine alınız.

1. *Yüklerden birinin büyüklüğü iki katına çıkarılırsa elektriksel kuvvet ....*
   değişmez yarıya iner iki katına çıkar dört katına çıkar
2. *Her iki yükün de yük miktarı iki katına çıkarılırsa elektriksel kuvvet ....*
   değişmez yarıya iner iki katına çıkar dört katına çıkar
3. *Yükler arasındaki mesafe yarıya indirilirse elektriksel kuvvet ....*
   dörtte birine iner yarıya iner iki katına çıkar dört katına çıkar
4. *Yüklerden birinin yük miktarı iki katına çıkarılır ve aralarındaki mesafe yarıya indirilirse elektriksel kuvvet ....*
   sekiz katına çıkar değişmez iki katına çıkar dört katına çıkar

ÖRNEK SORU

Aralarında 1 m mesafe bulunan ve yükleri sırasıyla +2 C ve +3 C olan noktasal yüklerin birbirlerine uyguladıkları itme kuvvetinin büyüklüğü kaç N'dır? ($k=9.10^9$ $N.m^2/C^2$ alınız.)

ÇÖZÜM

Aynı cins elektrik yüküne sahip noktasal yükler birbirlerine itme kuvveti uygular. Kuvvetin büyüklüğü, niceliklerin matematiksel modelde yerine yazılmasıyla bulunur. Buna göre yüklerin birbirine uyguladığı kuvvetin büyüklüğü

$$F = k \cdot \frac{q_1 . q_2}{d^2} = 9.10^9 \frac{2.3}{1^2} = 54.10^9 \text{ N}$$

olur.

SIRA SİZDE 16

Aralarında 1 cm mesafe bulunan noktasal yükler birbirlerine 9.10^4 N şiddetinde çekme kuvveti uygulamaktadır.
Yüklerden biri +5 C olduğuna göre diğer yükün işareti ve büyüklüğü nedir?
($k=9.\ 10^9$ $N.m^2/C^2$ alınız.)

ÖRNEK SORU



Aynı doğru üzerine yerleştirilmiş K ve L noktasal yüklerin yük değerleri sırasıyla +2q ve -4q'dur. Buna göre,

a) Bir +q yükü hangi bölgeye yerleştirilirse dengede kalabilir? Neden?

b) Bir -q yükü hangi bölgeye yerleştirilirse dengede kalabilir? Neden?

ÇÖZÜM

a) Bir +q yükü 1. bölgeye yerleştirilirse; K yükü itme, L yükü ise çekme kuvveti uygular.K yükü +q yüküne L'den daha yakındır. Ancak K'nin yükü L'nin yükünden daha küçüktür. Bu sebeple K'nin +q yüküne uygulayacağı kuvvetin büyüklüğü, L'nin +q yüküne uygulayacağı kuvvetin büyüklüğüne eşit olabilir. Bu sebeple +q yükü 1. bölgede dengede kalabilir. 2. bölgede +q yükü L tarafından çekilirken, K yükü tarafından da yine L'ye doğru itilir. Sonuçta +q yükü bu bölgede dengede kalamaz. 3. bölgede yük değeri K'den büyük olan L +q yüküne daha yakındır. L'nin +q yüküne uygulayacağı çekme kuvveti, K'nin uygulayacağı itme kuvvetinden daha büyük olur. Bu nedenle +q yükü bu bölgede dengede kalamaz.

b) Bir -q yükü 1. bölgeye yerleştirilirse; L yükü itme, K yükü ise çekme kuvveti uygular. K yükü -q yüküne L'den daha yakındır. Ancak K'nin yükü L'nin yükünden daha küçüktür. Bu sebeple K'nin -q yüküne uygulayacağı kuvvetin büyüklüğü, L'nin -q yüküne uygulayacağı kuvvetin büyüklüğüne eşit olabilir. Bu sebeple -q yükü 1. bölgede dengede kalabilir. 2. bölgede -q yükü K tarafından çekilirken, L yükü tarafından da yine K'ye doğru itilir. Sonuçta -q yükü bu bölgede dengede kalamaz. 3. bölgede hem yük değeri büyük olan L -q yüküne daha yakındır. L'nin -q yüküne uygulayacağı itme kuvveti, K'nin uygulayacağı çekme kuvvetinden daha büyük olur. Bu sebeple -q yükü bu bölgede dengede kalamaz.

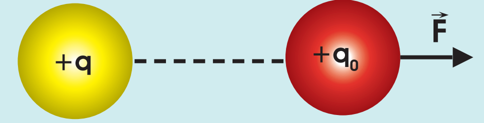
6.1.7 ELEKTRİK ALAN

Açık denizlerde rüzgârlı bir bölgenin olup olmadığını anlamanın en basit yolu, o bölgeden geçen yelkenli gemileri izlemektir. Denizde yelkenleri şişmiş bir gemi, o bölgede hava akımının varlığını gösterir. Geminin hızı, rüzgârın şiddeti hakkında bilgi verirken hareket yönü, rüzgârın estiği yöndedir. Dünya'nın çekim kuvvetinin varlığını anlamanın en pratik yolu ise zıplamak ya da bir cismi yukarı doğru fırlatmaktır. Dünya, çekim alanının içerisindeki cisimleri kendisine doğru çeker. Zıplayan kişi de yukarı fırlatılan cisim de Dünya yüzeyine geri döner.

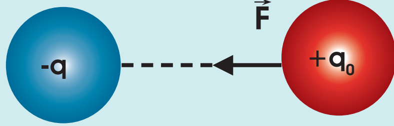
Elektrik yüklerinin çevresinde de yukarıda anlatılan rüzgârlı bölgeye ya da Dünya'nın çekim alanına benzer bir etki alanı vardır. Bu alanın varlığını göstermek için bir yüke, bir test yükünü yaklaştırmak yeterlidir.

Sabit tutulan noktasal +q yüküne Şekil 6.1.27'deki gibi $+q_0$ test yükü yaklaştırıldığında Coulomb kuvvetinin etkisiyle $+q_0$ yükü, +q yükünden uzaklaşır. $+q_0$ yükü olmadan varlığı gözlemlenemeyen bu etkinin nedeni, +q yükünün elektrik alanıdır.

Sabit tutulan noktasal -q yüküne $+q_0$ test yükü yaklaştırıldığında, yani test yükü -q yükünün elektrik alanı içerisine sokulduğunda ise $+q_0$ yükü, -q yüküne doğru hareket eder (Şekil 6.1.28).



Şekil 6.1.27: +q yükünün elektrik alanına konulan $+q_0$ yükü



Şekil 6.1.28: -q yükünün elektrik alanına konulan $+q_0$ yükü

Elektrik alan, birim elektrik yüküne etkiyen elektriksel kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Vektörel bir nicelik olan elektrik alan $\vec{E}$ ile gösterilir ve yönü elektriksel kuvvet yönündedir. SI birim sisteminde birimi N/C'dur. Noktasal yükler için elektrik alanın matematiksel modeli

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

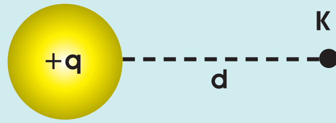
şeklindedir. Böylece elektrik alan biliniyorsa bu elektrik alan bölgesi içindeki bir yüke etki eden Coulomb kuvveti hesaplanabilir.







Verilen linklerdeki simülasyonları izleyerek elektrik alan kavramı ile elektriksel kuvvet arasındaki ilişkiyi inceleyiniz.



Şekil 6.1.29: q yükünden d kadar uzaklıktaki K noktası

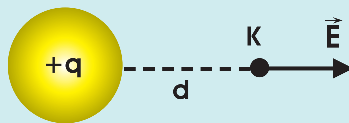
Noktasal +q yükünün K noktasındaki elektrik alanı bulunurken (Şekil 6.1.29), K noktasında birim yük bulunduğu düşünülür. Buna göre birim yüke etki eden elektriksel kuvvetin büyüklüğü

$$F = k\frac{q.q_0}{d^2}$$

şeklindedir. +q yükünün K noktasındaki elektrik alan şiddeti ise

$$E = \frac{F}{q_0} \Rightarrow E = \frac{k\frac{q.q_0}{d^2}}{q_0} \Rightarrow E = k\frac{q}{d^2}$$

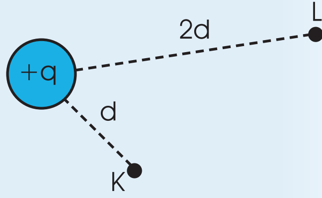
olur. Eşitlikten görüleceği üzere elektrik alanın şiddeti yükün büyüklüğü ile doğru, uzaklığın karesi ile ters orantılıdır. K noktasındaki elektrik alanın yönü Şekil 6.1.30'da gösterilmiştir.



Şekil 6.1.30: +q yükünün K noktasındaki elektrik alanının yönü

ÖRNEK SORU

+q yükünden d uzaklıktaki nokta K, 2d uzaklıkta olan nokta L'dir.



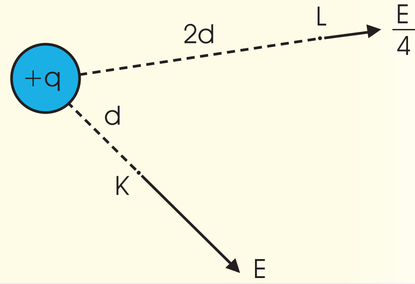
a) +q yükünün K noktasında oluşturduğu elektrik alanın şiddeti E ise L noktasındaki elektrik alanın şiddeti kaç E olur?

b) K ve L noktalarında elektrik alanın yönü nedir?

ÇÖZÜM

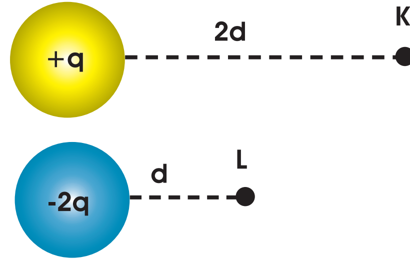
a) L noktası yüke, K noktasına göre daha uzaktır. Bu nedenle L noktasındaki elektrik alan şiddeti E'den daha küçük olmalıdır.
Elektrik alanın şiddeti, uzaklığın karesi ile ters orantılıdır. L noktasında uzaklık iki katına çıktığı için elektrik alan şiddeti E/4 olur.

b) K ve L noktalarındaki elektik alan yönü aşağıdaki şekilde verilmiştir.

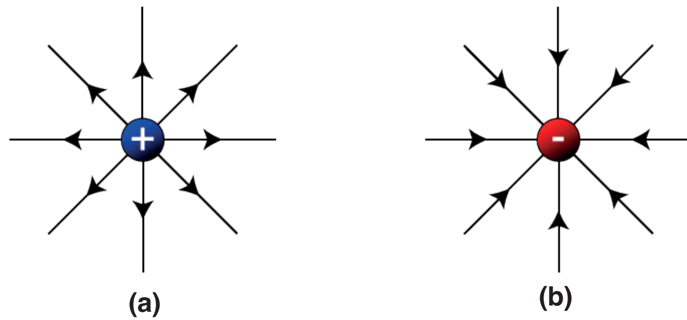


SIRA SİZDE 17

Şekilde verilen +q yükünün K noktasındaki elektrik alanı $\vec{E}$'dir.
Buna göre -2q yükünün L noktasındaki elektrik alanı ne olur?

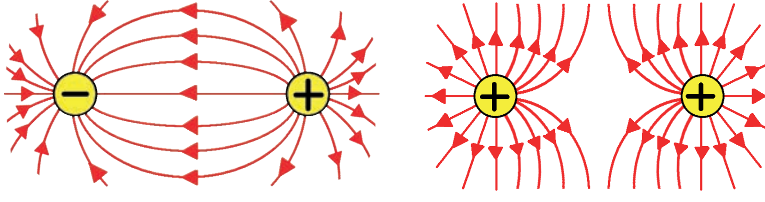


Elektrik alan, elektrik alan çizgileri ile temsil edilebilir. Gerçekte var olmayan bu çizgiler, bir elektrik yükünün ya da yük grubunun çevresini nasıl etkilediğini açıklayabilmek için kullanılmaktadır. Elektrik alanın yönü Şekil 6.1.31 a'daki gibi pozitif yüklerde yükten dışarı, Şekil 6.1.31 b'deki gibi negatif yüklerde ise yüke doğrudur.



Şekil 6.1.31 (a): Pozitif yükün elektrik alan çizgileri
Şekil 6.1.31 (b): Negatif yükün elektrik alan çizgileri

Yükler arasındaki itme ve çekme kuvvetlerinin nasıl oluştuğu, Şekil 6.1.32'de gösterilen alan çizgileri üzerinden incelenebilir.



Şekil 6.1.32 Etkileşim hâlindeki noktasal yükler arasında oluşan elektrik alan çizgileri

Görsel 6.1.9'da verilen denizkestanesinin dikenlerine benzetilebilen elektrik alan çizgilerinin özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Pozitif yükten sonsuza doğrudur. Sonsuzdan negatif yüke doğru uzanır.
- Elektrik alan çizgilerinin sık olduğu yerlerde elektrik alan şiddetli, seyrek olduğu yerlerde ise elektrik alan daha zayıftır.
- Elektrik alan çizgileri birbirlerini asla kesmezler.
- Elektrik alan çizgileri simetrik bir şekilde üç boyutta uzanır.



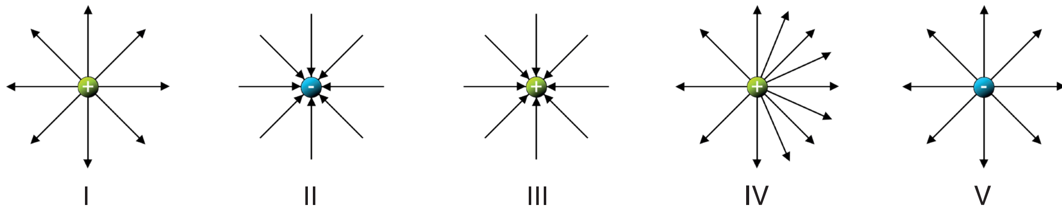
Görsel 6.1.9: Denizkestanesi

SIRA SİZDE 18

İki negatif yük arasında oluşan itme kuvvetini, elektrik alan çizgilerini kullanarak gösteriniz.

SIRA SİZDE 19

Elektrik alan kavramına yönelik bazı çizimler aşağıda verilmiştir.



Yapılan çizimlerden doğru olanları ve yanlış olanları belirleyiniz. Yanlış çizim varsa doğrusunu aşağıdaki boşluğa çiziniz.

Soruların doğru seçeneğini işaretleyiniz.

1. "Bir cisim .... elektrikle yüklenir." **cümlesini doğru şekilde tamamlayan ifade hangisidir?**

A) İçerisinde elektron ürettiğinde
B) İçerisinde proton ürettiğinde
C) İçerisindeki elektronları yok ettiğinde
D) İçerisindeki protonları yok ettiğinde
E) Elektron transfer ettiğinde

2. **Bir madde içerisinde elektrik akımının iletilmesi nasıl gerçekleşir?**

A) Serbest elektronların birbirleriyle etkileşerek enerjiyi birbirine aktarmasıyla
B) Atomların madde içerisinde iletilmesiyle
C) Elektronların madde içerisinde bir uçtan diğer uca akmasıyla
D) Serbest elektronların sürtünme kuvveti nedeniyle enerji üretmesiyle
E) Elektronların atoma sıkıca bağlı olmasıyla

3. **Negatif elektrik yükü ile yüklenmiş elektroskopun topuzuna negatif yüklü iletken bir cisim dokundurulduğunda elektroskop yapraklarında,**
I. Biraz kapanma
II. Tamamen kapanma
III. Kapanıp açılma
IV. Biraz daha açılma
olaylarından hangileri <u>kesinlikle gözlenmez</u>?

A) I ve IV B) II ve III
C) I, II ve III D) I, III ve IV
E) I, II, III ve IV

4. Yüksüz ve yalıtkan iki cisim birbirine sürtülüyor.

Buna göre
I. Cisimlerin yük miktarları eşit olur.
II. Cisimler, zıt elektrik yükü ile yüklenirler.
III. Cisimlerin toplam yükleri sıfırdır.
ifadelerinden hangileri doğru olabilir?

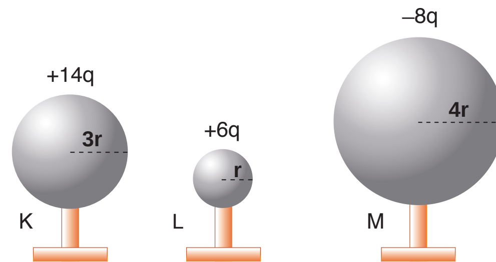
A) Yalnız I B) Yalnız II
C) I ve II D) II ve III
E) I, II ve III

5. Kapalı bir sistemde yüksüz ve yalıtkan iki cisim birbirine sürtülüyor.

Buna göre
I. Cisimler zıt elektrik yükü ile yüklenir.
II. Cisimlerin yük miktarları eşit olur.
III. Cisimlerin toplam yükleri sıfırdır.
ifadelerinden hangileri <u>kesinlikle</u> doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II
C) Yalnız III D) I ve III
E) I, II ve III

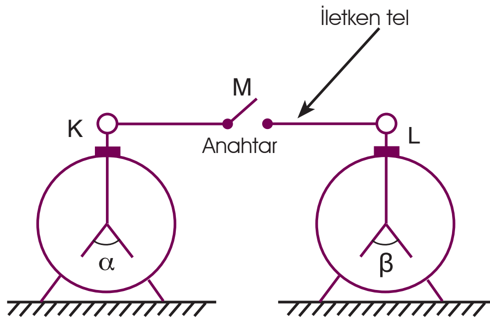
6. Yalıtkan saplar üzerinde durmakta olan K, L ve M iletken kürelerinin yarıçapları ile yükleri verilmiştir. K küresi önce L'ye, sonra da M'ye dokunduruluyor.



Buna göre K küresinin son yükü ne olur?

A) -q B) +q C) +2q D) +3q E) +4q

7. Özdeş K ve L elektroskoplarının yaprakları arasındaki açılar sırasıyla α ve β'dır. Elektroskopların topuzlarını birbirine bağlayan iletken tel üzerindeki M anahtarı kapatıldığında her iki elektroskopun da yaprakları arasındaki açının eşit olduğu gözleniyor.



Buna göre,

I. K ve L'nin yük işaretleri başlangıçta farklıdır.

II. K ve L'nin yük miktarları başlangıçta farklıdır.

III. K ve L'nin son yükleri eşittir.

ifadelerinden hangileri <u>kesinlikle</u> doğrudur? ($\alpha \neq \beta$)

A) Yalnız I B) Yalnız II
C) Yalnız III D) I ve II
E) II ve III

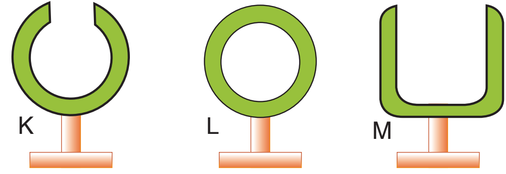
8. Coulomb sabitinin birimi nedir?

A) N/C^2
B) NC
C) NC^2/m^2
D) Nm^2/C^2
E) Nm

9. Elektrik alanın birimi nedir?

A) N/C
B) N
C) Nm
D) NC/m^2
E) NC^2/m^2

10. Yalıtkan ayaklar üzerinde durmakta olan şekildeki K, L ve M iletken cisimleri yüksüzdür.



Pozitif yüklü bir küre şekildeki cisimlere ayrı ayrı temas ettirildiğinde yüksüz duruma geçtiğine göre bu küreyle ilgili

I. K cismine dıştan dokundurulmuştur.

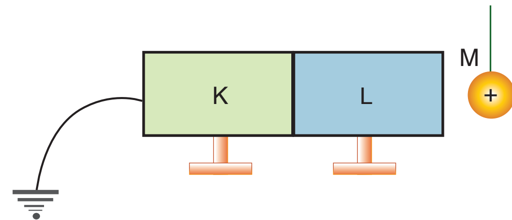
II. L cismine dıştan dokundurulmuştur.

III. M cismine içten dokundurulmuştur.

ifadelerden hangileri doğrudur?

A) Yalnız III B) I ve II
C) I ve III D) II ve III
E) I, II ve III

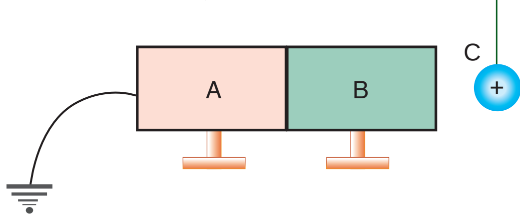
11. Yalıtkan bacaklar üzerindeki yüksüz, iletken K ve L cisimleri temas hâlindeyken topraklanıyor ve pozitif yüklü M cismi şekildeki gibi yaklaştırılıyor.



Topraklama kesilerek M cismi uzaklaştırıldığında birbirinden ayrılan K ve L cisimlerinin yükleri ne olur?

	K	L
A)	+	+
B)	0	-
C)	+	0
D)	-	0
E)	-	-

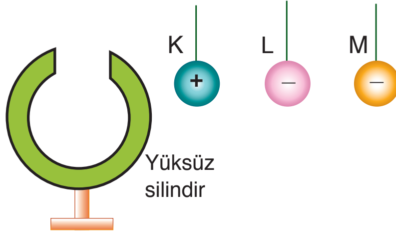
12. Yalıtkan bacaklar üzerindeki yüksüz ve iletken A ve B cisimleri temas hâlindeyken topraklanıyor ve pozitif yüklü C cismi şekildeki gibi yaklaştırılıyor.



C cismi uzaklaştırıldıktan sonra toprak bağlantısı kesilerek birbirinden ayrılan A ve B cisimlerin yükleri ne olur?

	A	B
A)	+	-
B)	0	0
C)	+	+
D)	-	+
E)	-	-

13. İletken K, L ve M kürelerinden K pozitif, L ve M negatif elektrik yükü ile yüklüdür.



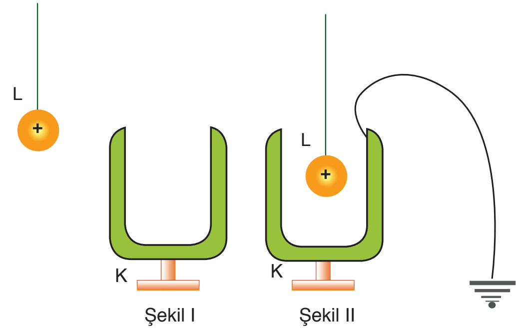
Bu kürelerle aşağıda verilen işlemler birbirinden bağımsız olarak ayrı ayrı yapılıyor.

- K küresi silindir içine dokundurulmadan sarkıtılıyor.
- L küresi silindire içten temas ettiriliyor.
- M küresi silindire dıştan temas ettiriliyor.

Yapılan işlemler sonunda kürelerin yük işaretleri ne olur?

	K	L	M
A)	+	0	+
B)	+	0	-
C)	-	0	-
D)	+	+	+
E)	+	-	+

14. Şekil I'deki içi boş, iletken ve yüksüz K silindirinin içine pozitif yüklü L küresi sarkıtılıyor ve sonra Şekil II'deki gibi silindirin iç yüzeyine toprak bağlantısı yapılıyor.



Bir süre sonra toprak bağlantısı kesilerek L küresi ortamdan uzaklaştırıldığında K silindirinin yük durumu nasıl olur?

A)

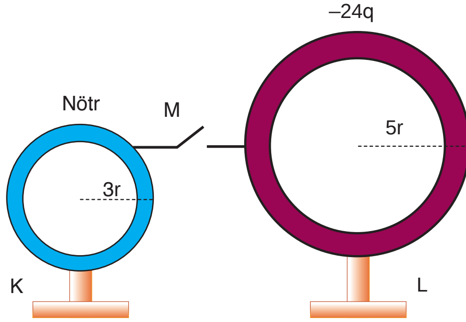
B)

C)

D)

E)

15. Yalıtkan saplar üzerindeki nötr, iletken K küresinin yarıçapı 3r, -24q yüklü, iletken L küresinin yarıçapı 5r'dir.



Küreleri birbirine bağlayan iletken tel üzerindeki M anahtarı kapatıldığında K ve L'nin son yükleri ne olur?

	K	L
A)	-24q	0
B)	-12q	-12q
C)	-15q	-9q
D)	-9q	-15q
E)	0	-24q

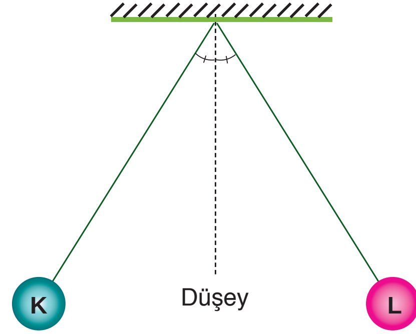
16. Yalıtkan zemin üzerinde tutulmakta olan K ve L'nin yükleri sırasıyla -4q ve +2q'dur.



+q yüklü bir cismin dengede kalabilmesi için nereye yerleştirilmesi gereklidir?

A) I. bölgeye
B) II. bölgeye K'ye yakın
C) II. bölgeye, K ve L'nin tam orta noktasına
D) II. bölgeye L'ye yakın
E) III. bölgeye

17. Yalıtkan iple tavana asılmış dengedeki K ve L yüklü kürelerinin düşeyle yaptığı açılar birbirine eşittir.



Yüksüz bir cisim K küresine dokundurulduğunda,

I. K'nin düşey düzlemle yaptığı açı küçülür.
II. L'nin düşey düzlemle yaptığı açı değişmez.
III. K ve L'nin düşey düzlemle yaptığı açılar eşit olur.

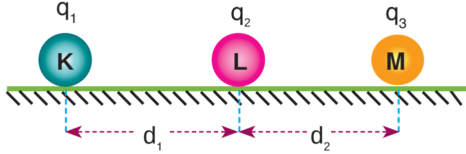
ifadelerinden hangileri doğru olur?

A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

18. Yükleri q_1 ve q_2 olan iki cisim birbirinden d kadar mesafe uzaklıkta tutulurken aralarındaki elektriksel kuvvetin büyüklüğü F'dir. Yüklü cisimlere, kendilerine özdeş yüksüz birer cisim dokundurularak ayrılıyor ve yükler arasındaki mesafe yarıya indiriliyor. **Son durumda yükler arasındaki kuvvetin büyüklüğü kaç F olur?**

A) 1/4 B) 1/2 C) 1 D) 2 E) 4

19. Yalıtkan zemin üzerinde tutulmakta olan elektrikle yüklü K ve M cisimlerinin yük miktarları sırasıyla q_1 ve q_3'tür.



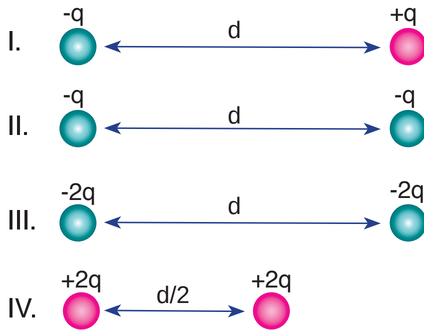
q_2 yüküne sahip L cismi serbest bırakıldığında hareket etmediğine göre,

I. $q_1>q_3$ ise $d_1>d_2$' dir.
II. $q_1=q_3$ ise $d_1=d_2$' dir.
III. K ve M cisimleri negatif elektrik yüküne sahiptir.

ifadelerinden hangileri <u>kesinlikle</u> doğrudur?

A) Yalnız II B) I ve II
C) I ve III D) II ve III
E) I, II ve III

20. I, II, III ve IV numaralı yük çiftlerinin yük miktarları ve aralarındaki mesafeler verilmiştir.



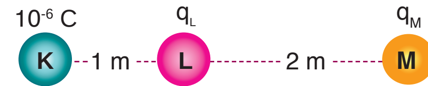
Buna göre yük çiftleri arasındaki etkileşim kuvvetlerinin büyüklüklerinin doğru sıralaması nedir?

A) I = II = III = IV B) I = II > III > IV
C) III > IV > II = I D) IV > III > II = I
E) IV > III > I > II

21. Aralarında 1,6 m mesafe bulunan iki elektron birbirlerine kaç N'lık itme kuvveti uygular?
(q_e=-1,6.10^{-19} C, k=9. 10^9 N.m²/C² alınız.)

A) 10^{-38} B) 14,4.10^{-29}
C) 9.10^{-29} D) 5,625.10^{-20}
E) 9.10^{-19}

22. Aynı doğru üzerine yerleştirilmiş noktasal K,L ve M yüklerinin arasındaki mesafeler ve K yükünün büyüklüğü şekilde verilmiştir.



K ve M yükü sabit tutularak L yükü serbest bırakıldığında, L yükünün hareket etmediği gözlenmektedir. Buna göre q_M yükü kaç C'dur?

A) 2.10^{-6} B) 4.10^{-6} C) 2 D) 4 E) 36.10^3

Soruların cevabını ilgili alana yazınız.

23. Elektrikle yüklenme çeşitleri nelerdir?
....

24. Saça sürtülen plastik tarak, düzgün ve ince şekilde musluktan akan suya yaklaştırıldığında suyun tarağa doğru bükülmesinin sebebi nedir?
....

25. Hava iletken mi, yalıtkan mıdır? Açıklayınız.
....

26. Elektrikli cihazların çok sayıda bulunduğu iş ortamlarında, zemin döşemelerinde neden yalıtkan malzemeler kullanılmaktadır?
....

27. Ev ve iş yerlerinde topraklama hattının olmaması ne gibi sonuçlar doğurabilirdi?
....

28. **Yanıcı, parlayıcı madde taşıyan tankerlerde neden topraklama zinciri kullanılmaktadır?**

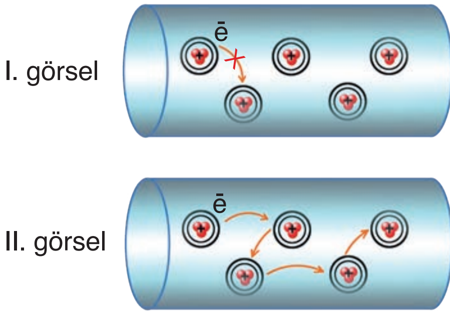
....

29. **VDG'ye dokunan kişilerin saçlarındaki kabarmanın sebebi nedir?**

....

30-33 aralığındaki soruları metne göre cevaplayınız.

Serbest elektronlar hakkında araştırma yapan bir öğrenci, internette yaptığı araştırmalar sırasında aşağıdaki görselleri fark ediyor.



30. **Görsellerle maddelerin hangi elektriksel özelliği açıklanmaktadır?**

....

31. **I. görseldeki madde türü günlük hayatta hangi amaçlarla kullanılmaktadır?**

....

32. **II. görselde anlatılmak istenen maddelere verilebilecek örnekler nelerdir?**

....

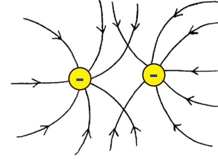
33. **Yakıt istasyonlarında LPG tankerinden yakıt aktarımı sırasında, tankerle yer arasında yapılan topraklamada hangi görseldeki malzeme kullanılır?**

....

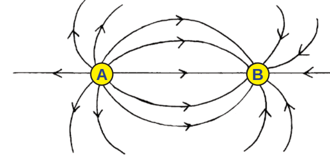
34-37 aralığındaki soruları metne göre cevaplayınız.

Gizem, elektrik alan kavramı ile ilgili öğrendiklerini tekrar etmek için not çıkartmaya başlıyor. Buna yönelik olarak Gizem, aşağıda verilen üç çizimi yapıyor.

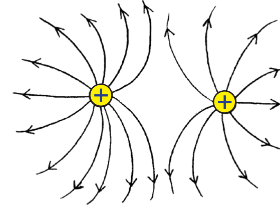
Çizim 1



Çizim 2



Çizim 3



34. **Gizem'in yaptığı Çizim 1'de hata var mıdır? Varsa hatayı belirleyerek doğru çizimi yapınız.**

35. **Gizem'in yaptığı Çizim 2'de A ve B yüklerinin işareti nedir?**

....

36. **Gizem Çizim 3'ü elektrik alanın hangi özelliğini göstermek için yapmış olabilir?**

....

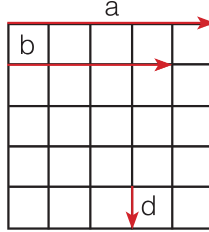
37. **Siz de elektrik alan kavramı ile ilgili öğrendiklerinizi bir çizim üzerinde gösteriniz.**

CEVAP ANAHTARI

1. ÜNİTE

1. D **2.** E **3.** C **4.** D **5.** D **6.** D **7.** C **8.** C **9.** A **10.** A **11.** B **12.** E **13.** C **14.** D **15.** B **16.** 3. Çıkış **17**. Skaler büyüklükler: 298 K, 90 cm, 50 kg, 60 kg ve vektörel büyüklükler: 500 N, 600 N **18.** Öğrenci yorumuna bağlıdır.**19.** Farklı bilim insanlarının ortak çalışma yapma fırsatı oluşur. Var olan bilimsel bilgilerle yeni bilimsel bilgilere ulaşılması sağlanır. İnsanların fiziğe ilgisini artırır Öğrenci yorumuna bağlıdır. **20.** Fiziksel nicelikler temel-türetilmiş, skaler-vektörel şeklinde sınıflandırılır. Örnekler öğrenci yorumuna bağlıdır.**21.** Öğrenci yorumuna bağlıdır. **22.** Öğrenci yorumuna bağlıdır. **23.** Mümkündür. Artan bilgi ve deney sayısına göre yeni alt dallara ihtiyaç doğabilir. **24.** Bilimsel araştırmalarda etik ilkelere uymak bilimsel çalışmanın güvenilirliğinin sağlanması, kişisel haklara saygı duyulması, ekip çalışması söz konusu ise çalışma yapan ekibin hakkına saygı duyulması sebebiyle önemlidir. **25**. I: türetilmiş-skaler, II: türetilmiş-vektörel, III: temel-skaler IV: temel-skaler V: türetilmiş-vektörel **26**. Türetilmiş, temel, temel, temel, türetilmiş, temel, türetilmiş **27.** Temel büyüklükler: 62,5 m, 5 s; türetilmiş büyüklük: 90 km/h **28.** Skaler büyüklükler: 62,5 m, 5 s; vektörel büyüklük: 90 km/h **29.** Şekil I: 1 br Şekil II: 0 br Şekil III: 12 br Şekil IV: 12 br

30. a: 5 br, b: 4 br c: 0 br d: 1 br çizimi:



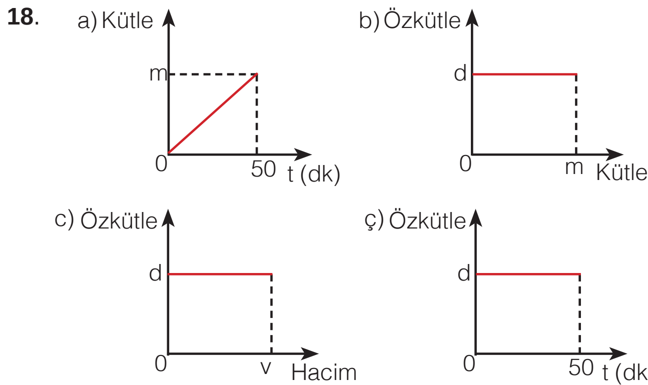
31. I. durum: 22 N →, II. durum: 22 N →, III. durum: 22 N →
32. optik, termodinamik, optik, mekanik, optik, elektrik **33.** Öğrenci yorumuna bağlıdır. **34.** C

SIRA SİZDE CEVAPLARI

1. Öğrenci yorumuna bağlıdır. **2.** 1, 2, 3, 4, 6, 7 ve 9 numaralı kutucuklar işaretlenmeli. **3.** a) 5, 8 ve 9 numaralı olaylar optik bilgileri ile açıklanamaz. b) 5 biyoloji, 8 mekanik, 9 biyoloji ile açıklanır. **4.** I, ve II **5.** III **6.** 2, 4, 5 ve 7. kutucuklar işaretlenmeli.
7. a) 15 N ← veya 15 N → b) 3 N ← veya 3 N → c) ↑ 15 N d) ↓ 3 N
8. a) 1. vektörel 20 N, 2. skaler 300 TL, 3. vektörel 2 N, 4. skaler 250 m b) Yön, vektörel işlemlerde anlamlıdır. c) Öğrenci yorumuna bağlıdır. **9.** Öğrenci yorumuna bağlıdır. **10.** Öğrenci yorumuna bağlıdır. **11.** Öğrenci yorumuna bağlıdır. **12.** Öğrenci yorumuna bağlıdır. **13.** 16 defa. **14.** Öğrenci yorumuna bağlıdır.

2. ÜNİTE

1. D **2.** C **3.** B **4.** D **5.** C **6.** E **7.** D **8.** D **9.** D **10.** D **11.** A **12.** E **13.** E **14.** D **15.** A **16.** E **17.** D
18.

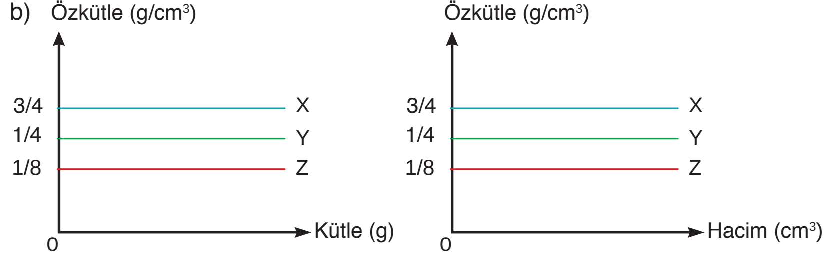


19. 2,25 gr **20.** 5h/3 **21.** r=5.10^{-2} m **22.** h=10 cm **23.** Özel moleküler yapısı dolayısıyla su donduğunda hacmi büyüyen nadir maddelerden biridir. Suyun özkütlesi +4 °C ve 1 atm basınç altında 1000 kg/m^3tür (1 g/cm^3). Buzun yoğunluğu suyun yoğunluğundan küçük olduğu için buz dağları suyun üzerinde yüzerler ama batmazlar. **24.** Küre **25.** Hacmi 2 katına çıkar. **26.** Kesit alanı 4 katına çıkar. **27.** kesit alanı/hacim oranı 2 katına çıkar. **28.** Yüzey gerilimi **29.** Deterjan suyun yüzey gerilimini küçülteceği için su dökülür. **30.** A **31.** 0,5 **32.** 1,27

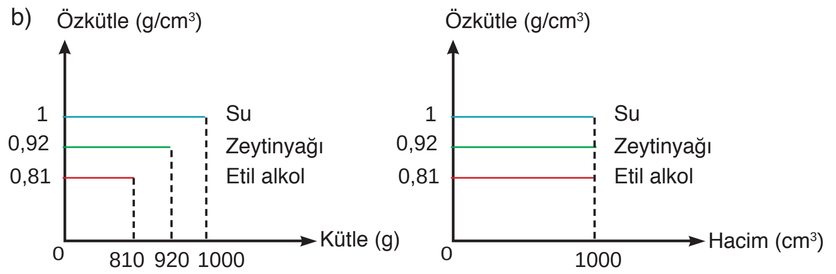
SIRA SİZDE CEVAPLARI

1. a) 500 b) 8.10^{7} c) 7.10^{-4} ç) 5,6 d) 10^{-2} e) 9.10^{4} f) 6.10^{-3} g) 4 h) 5.10^{9} 2. 14.10^{3} mg= 14 g= 14.10^{-3} kg= 14.10^{-6} t; 3.10^{10} mg= 3.10^{7} g= 3.10^{4} kg= 30 t; 850 mg= 0,85 g= $8,5.10^{-4}$ kg, $8,5.10^{-7}$ t **3.** a) 8.10^{-5} b) 2.10^{3}, c) 3.10^{-6} ç) 8. 10^{3} d) 1,2 e) 10^{5} **4.** a) 10^{5} b) 7.10^{-5} c) 0,1 ç) 0,5 d) $2,5.10^{-4}$ **5.** 4/3 **6.** $1,14.10^{-4}$ **7.** 480 **8.** Sonuç değişmezdi. **9.** I ve IV **10.** a) 40, b) 70, c) 20, ç) 15, d) 20, e) 45 **11.** 70 **12.** 3600 **13.** 0,4 **14.** 1/2 **15.** 20 **16.** 38,4 **17.** Hacimleri aynı ve $d_{cıva}>d_{demir}>d_{tahta}$ olduğundan $m_{cıva}>m_{demir}>m_{tahta}$ olur.

18. a) $d_X>d_Y>d_Z$



19. a) $m_{su}>m_{zeytinyağı}>m_{etil\ alkol}$

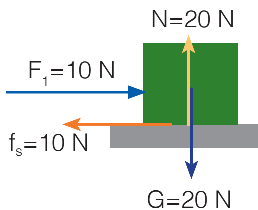


20. I ile III karıştırılabilir. **21.** Her karışımın özkütle değerinin farklı olması, boyaların yüzeyde oluşturdukları deseni değiştirir. **22.** Öğrenci yorumuna bağlıdır. **23.** a) 2 b) 4 c) 2 katına çıkar. **24.** 1/5 **25.** Kontak lens, adezyon etkisiyle göz yaşına yapışır; göz yaşını oluşturan moleküller arasındaki kohezyon da kontak lensin göze tutunmasını sağlar. **26.** Adezyon a, b, ç ve e; kohezyon c, d, f, g **27.** I adezyon, II adezyon ve kohezyon, III adezyon **28.** a) Yüzey gerilimi daha yüksek olan cıva üzerinde daha rahat yürüyebilir. Üzerinde yürüyeceği sıvının yüzey geriliminin minimum değeri bilinmediği için diğer sıvılar için net bir şey söylenemez. b) Cıva ile su karıştırıldığında cıva tabana çökeceği için kertenkele yine su üstünde yürüyebilir. Diğer sıvılarla yapılacak karışımların homojen mi heterojen mi olacağı bilinmeden ve kertenkelenin yürüyebileceği minimum yüzey gerilimi bilinmeden net bir şey söylenemez. **29.** Su molekülleri ile fırçanın kılları arasındaki adezyon, fırça kıllarının birbirine yapışmasını sağlar. Su buharlaştığında bu etki ortadan kalkar. **30.** II **31.** $r_L>r_M>r_K$ **32.** a) II, IV ve V b) VI ve VII c) I ve VIII ç) III

3. ÜNİTE

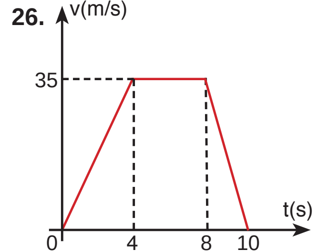
1. A **2.** B **3.** B **4.** A **5.** A **6.** A **7.** E **8.** E **9.** E **10.** B **11.** A **12.** D **13.** B **14.** C **15.** C **16.** A **17.** Öğrenci yorumuna bağlıdır.
18. Öğrenci yorumuna bağlıdır. **19.** Sürtünme olmasaydı dönmeden (kayarak) ilerlerdi.
20. Cisim hareket etmez. **21.** 8

22.



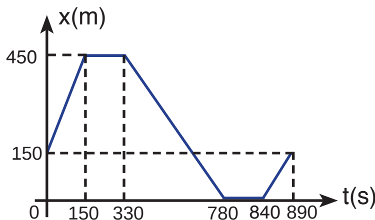
23. 441. **24.** II ve III olabilir. **25.** 35

26.

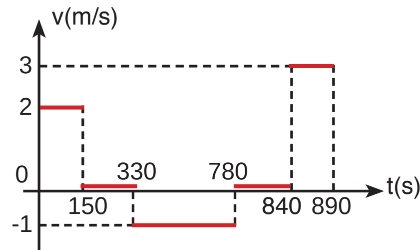


27. Çita hızlanırken 4 s'de çıktığı hızdan 2 s'de yavaşlayıp duruyor. Yavaşlama ivmesi daha büyüktür.

28.



29.

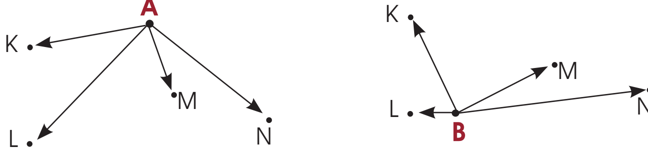


30. 0 **31.** C **32.** Tırmanmak için. **33.** Etki-Tepki **34.** Sürtünme kuvvetini artırmak için. **35.** Keman tellerini titreştirmek için arşe kullanılır. Sürtünme kuvvetini artırmak için arşeye reçine sürülür. **36.** Titreşim. **37.** Yerin merkezine olan uzaklık arttıkça ağırlık azalır. **38.** D

SIRA SİZDE CEVAPLARI

1. Öteleme Hareketi: 2, 3, 4, 5, 6, 7; dönme hareketi: 2, 3, 4, 7; titreşim hareketi: 1

2.



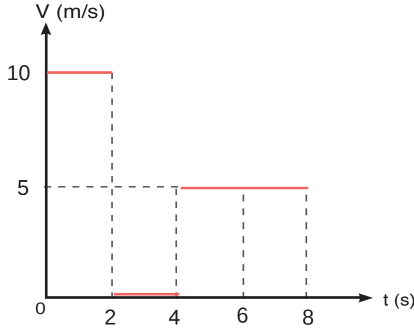
3. 920 **4.** Sıfırdır. **5.** a) 75 b) $50\sqrt{2}$ **6.** 30 **7.** 59

8.

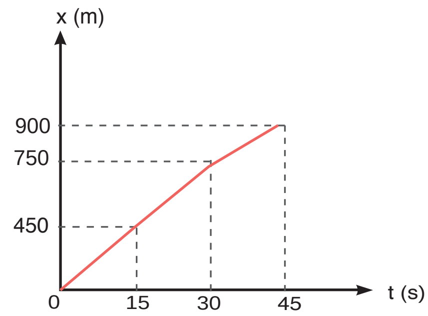
Büyüklük	Gösterimi	SI'da Birimi	Vektörel/Skaler
Konum	$\vec{x}$	Metre (m)	Vektörel
Alınan Yol	x	Metre (m)	Skaler
Yer de i tirme	$\Delta\vec{x}$	Metre (m)	Vektörel
Sürat	v	Metre/Saniye	Skaler
Hız	$\vec{v}$	Metre/Saniye	Vektörel
Zaman	t	Saniye	Skaler

9. a) 36 b) 20 c) 144 ç) 50 **10.** Sürati 9 m/s, hızının büyüklüğü 6 m/s **11.** a) 90 b) 45 **12.** Toplam yer değiştirme 80 m, alınan yol 120 m

13.

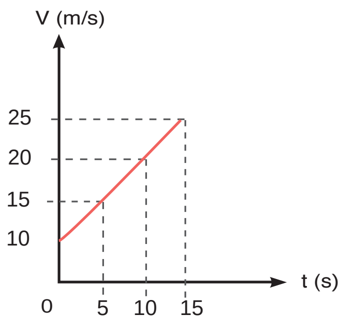


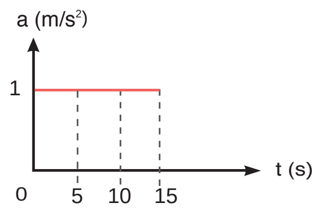
14.



15. 1100 **16.** a) 47,5 b) 25 **17.** b ve ç kutucukları.

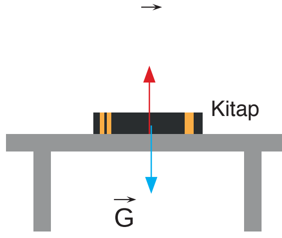
18.





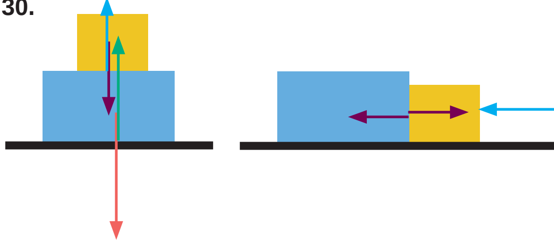
19. Temas gerektiren kuvvetler a, ç, d ve f; temas gerektirmeyen kuvvetler b, c ve e **20.** En büyük kuvvet 275 N, en küçük 5 N'dır. **21.** F1 yönünde 9 N **22.** F1 yönünde 14 N **23.** Dengelenmiş kuvvetler c ve ç; dengelenmemiş kuvvetler a, b ve d **24.** Öğrenci yorumuna bağlıdır. **25.** F1 yönünde 15 N **26.** 6 **27.** Gezegen merkezine en yakın, yüzeydeki bir noktada.

28.



29. Çarpılan cisim sert ise etki kuvvetinin çok büyük bir bölümü tepki kuvveti olarak, kuvvet uygulayıcısına etki eder.

30.



31.



32. Sürtünme kuvvetini azaltmak. **33.** a) İvme b) Öğrenci yorumuna bağlıdır.c) Hayır.

4. ÜNİTE

1. D **2.** E **3.** E **4.** E **5.** D **6.** A **7.** A **8.** B **9.** E **10.** A **11.** C **12.** A **13.** C **14.** A **15.** C **16.** D **17.** I. Düzenekte: yükseklik, II. Düzenekte: kütle, III. Düzenekte: Yer çekimi ivmesi **18.** Saç kurutma makinesi **19.** C torbasında daha çok kütle olduğundan daha çok ses çıkarır. **20.** $P_A>P_B$ **21.** K noktasında: potansiyel enerji, L noktasında: Kinetik enerji, M noktasında: Potansiyel+kinetik enerji **22.** $PE_A>KE_A$ ve $PE_B<KE_B$ **23.** $EK_K<EK_L<EK_M$ ve $EP_K>EP_L>EP_M$ **24.** Kinetik enerjisi sabit kalırken potansiyel enerjisi artar. **25.** Güneş enerjisi- elektrik enerjisi- ışık enerjisi **26.** 150 m **27.** $m_X>m_Y>m_Z$ **28.** Potansiyel enerji- kinetik enerji- mekanik enerji **29.** 1500 joule **30.** 750 watt **31.** E **32.** C **33.** Yer yüzü tarafından tutulan>bulutlardan yansıyan>atmosfer ve bulutlar tarafından tutulan>atmosferden yansıyan>yer yüzeyinden yansıyan **34.** D

SIRA SİZDE CEVAPLARI

1. a) Yapılmıştır. b) Yer çekimi kuvveti. **2.** Yapılır. **3.** 12 **4.** 12 **5.** 1,6 **6.** 3000 **7.** 90 **8.** 1. 1000 2. 12,5 3. 400 4. 600 **9.** Sinek kuşunun kinetik enerjisi daha büyüktür. **10.** II **11.** Kütle **12.** $PE_L=4PE_K$ **13.** a) Birbirine eşittir. b) Evet. c) Üç yolda da yer çekimine karşı iş yapılmıştır. **14.** İlk basamaktan son basamağa doğru sırasıyla 60 J, 70 J, 80 J, 90 J **15.** Yay için 1'de potansiyel, 2'de potansiyel ve esneklik potansiyel, 3'te potansiyel enerji Ok için 1'de potansiyel, 2'de potansiyel, 3'te potansiyel ve kinetik enerji **16.** a) Evet, potansiyel enerjisi vardır. b) Kinetik enerjiye dönüşür. **17.** I, II ve III **18.** Kinetik enerji esneklik potansiyel enerjisine ve ısıya; esneklik potansiyel enerjisi de kinetik enerji ve ısıya dönüşür. **19.** Hepsine bağlıdır. **20.** Öğrenci yorumuna bağlıdır. **21.** Sürtünmeyi azalttığı için enerji kaybını aza indirir. **22.** Öğrenci yorumuna bağlıdır. **23.** Öğrenci yorumuna bağlıdır.

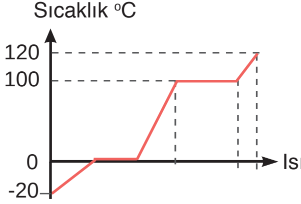
5. ÜNİTE

1. C **2.** B **3.** D **4.** D **5.** E **6.** C **7.** B **8.** B **9.** B **10.** D **11.** E **12.** D **13.** E **14.** E **15.** T_2 **16.** T_3 **17.** (Q_3-Q_2) **18.** (Q_4-Q_2) **19.** Değişmez çünkü yoğuşma sıcaklığı maddeler için ayırt edici bir özelliktir. Madde miktarına bağlı değildir. **20.** Değişir çünkü hâl değiştirme ısısı maddenin miktarına bağlıdır. **21.** Grafiğin eğimi azalırdı. Hâl değişimi için gerekli olan ısı miktarı artardı. **22.** 50 °F 10 °C'ye karşılık gelmektedir. Bu nedenle Ayşe yanına kalın kıyafetler almalıdır. **23.** K: Açık, L: Kapalı, M: İzole **24.** Öğrencinin hissettiği sıcaklığın 24 °C'den daha düşük olmasıdır. **25.** 17 °C **26.** Suyun öz ısısı, toprağa göre daha yüksektir. Bu nedenle ıslak topraklar kuru topraklara göre daha geç ısınır. **27.** Soğutma sistemlerinde suyun tercih edilmesinin sebebi öz ısısı büyük olan suyun geç ısınmasıdır. **28.** Öğrenci yorumuna bağlıdır. **29.** Isı akışı sudan demire doğru gerçekleşir. **30.** İç enerjilerdeki değişim birbirine eşittir. **31.** Su **32.** Demir **33.** Yünlü ya da tüylü kılıfların ısı iletim katsayısının düşük olmasıdır. **34.** Öğrenci yorumuna bağlıdır. **35.** Öğrenci yorumuna bağlıdır. **36.** I. Şekil: İletim, II. Şekil: Konveksiyon, III. Şekil: Işıma **37.** Öğrenci yorumuna bağlıdır. **38.** Doğal dişin genleşmesi ile diş dolgularında kullanılan malzemenin genleşmesi birbirine eşit ya da çok yakındır. **39.** Hayır. **40.** Yöresel kıyafetler, dama saman serilmesi **41.** O duvara dolap yerleştirilebilir. **42.** Öğrenci yorumuna bağlıdır. **43.** Öğrenci yorumuna bağlıdır. **44.** Öğrenci yorumuna bağlıdır. **45.** D

SIRA SİZDE CEVAPLARI

1. Yukarıdan aşağıya doğru gazlı, metal, sıvılı **2.** a) 510 b) –40 **3.** Öğrenci yorumuna bağlıdır. **4.** a) 28 °X ve 44 °Y b) 60 c) 50 °Y **5.** I, II ve III **6.** a) Sürahideki suyu. Kütlesi fazla olduğu için. b) Sürahideki suyu. Kütlesi fazla olduğu için. c) Hayır. ç) 5E **7.** Öz ısı değerinin büyük olması. **8.** a) $c_K>c_L>c_M$ b) K c) Öğrenci yorumuna bağlıdır. **9.** Eşit kütledeki deniz ve kara parçası düşünüldüğünde suyun öz ısısı daha yüksek olduğu için, denizler karalardan daha geç ısınır. **10.** a) Su b) Su **11.** 8 **12.** a) $C_K/C_L=4/9$ b) Olamaz. **13.** Ortamdaki su buharı, buzdolabının soğuk ortamı ile karşılaşınca aniden hal değiştirir. **14.** K sıvı, L sıvı, M katı, N sıvı, P sıvı **15.** Cıvanın erime sıcaklığı suya göre daha düşük olduğu için cıva kullanılır. **16.** Öğrenci yorumuna bağlıdır. **17.** 60 °C ve 80 °C

18.



19. a) Olamaz, erime sıcaklıkları farklı. b) K c) $L_{eK}>L_{eL}$ ç) Hayır çünkü erime süresinde ısıtıcı sayısı ya da gücü gibi başka değişkenler de etkilidir. **20.** a) 25 b) 25 c) Hayır. **21.** Termometre içindeki sıvı ile termometrenin içine yerleştirildiği ortam termal dengeye geldiğinde, termometre içindeki sıvının yükselmesi durur. **22.** II ve III **23.** a) Yavaşlar. b) Tanecikler arası mesafe katılara oranla daha fazla. **24.** Konveksiyon. **25.** Konveksiyon. **26.** Işıma yoluyla borular ısınır. Boruların içindeki sıvı iletim yoluyla ısınır. Konveksiyon yoluyla yükselen ısınmış sıvı, su deposundaki suyun ısınmasını sağlar. **27.** Evet. **28.** Soldan sağa doğru ışıma, konveksiyon, iletim. **29.** Isı iletim hızını yavaşlatmak. **30.** Çelişki oluşturmaz. Sıcak çay, kalın duvarlı bardağı ısıttığı için daha çabuk soğur ama bardağın dışına ısı çıkışı yavaşlar. **31.** Öğrenci yorumuna bağlıdır. **32.** a) büyük olan b) yavaşlatır c) düşük ç) artmasına **33.** a) Isı yalıtımı b) Öğrenci yorumuna bağlıdır. c) C ç) Öğrenci yorumuna bağlıdır. d) Öğrenci yorumuna bağlıdır. **34.** Evet, Hayır, Hayır. Yorum yanlış, sıcaklıkların farklı algılanması, ısı iletim hızı ile ilişkilidir. **35.** Genleşme katsayıları yüksektir. **36.** M>K>L **37.** a) Hayır. b) Halka ısıtılabilir ya da küreler soğutulabilir. c) Alüminyum **38.** a) Benzinin genleşmesi. b) Depo tam doldurulmaz, güneş altında uzun süre bırakılmaz. **39.** Öğrenci yorumuna bağlıdır. **40.** Çok az bir su daha donarak buzun kütlesi artar. **41.** $T_3>T_2>T_1$, $d_2>d_1$

6. ÜNİTE

1. E **2.** A **3.** B **4.** E **5.** E **6.** D **7.** E **8.** D **9.** A **10.** A **11.** E **12.** B **13.** B **14.** A **15.** D **16.** E **17.** C **18.** C **19.** B **20.** D **21.** C **22.** B **23.** Sürtünme, etki, dokunma **24.** Etki ile elektriklenme **25.** Normal şartlar altında yalıtkandır. Eğer yalıtkan olmasaydı canlıları elektrik çarpabilirdi. **26.** Statik elektriği önleyerek cihaz ve insanları elektrik akımından korumak için. **27.** Yüksek akım durumunda iş sağlığı ve can güvenliği tehlikeye girerdi. **28.** Topraklama yapmak için. **29.** Coulomb kuvveti **30.** İletkenlik-yalıtkanlık **31.** Elektrik yalıtımı için. **32.** Metaller **33.** 2. Görsel **34.** Hata, elektrik alan çizgilerini kesiştirmiş olmasıdır. **35.** A: (+), B: (-) **36.** Aynı işaretli yüklerin birbirini itmesini elektrik alan çizgileri ile anlatmak için. **37.** Öğrenci yorumuna bağlıdır.

SIRA SİZDE CEVAPLARI

1. Birbirlerine yaklaşırlar. **2.** K +2q, L +4q, M +6q **3.** K – , L + yüklüdür. **4.** Öğrenci yorumuna bağlıdır. **5.** Topuz +, yapraklar – yüklenir. **6.** K'nin yaprakları –, L'nin yaprakları + yüklenir. **7.** Elektroskopla yüklü cismin elektrik yük işaretleri zıt olmalıdır. Yaklaştırılan cismin elektrik yük miktarı çok fazladır. **8.** K elektroskopu + yüklüdür. **9.** $q_K>q_L$. **10.** Doğrudur. Salih, sert plastikten yapılmış kalemin elektrikle yüklenmediğini savunuyor. Elif haklıdır. Cisimlerin arasında yük alışverişi yapılmadığı için yapraklar açılmamıştır. **11.** Önce kapanır, sonra açılır. **12.** a) – b) Yüklenebilirdi. **13.** Elektroskopun yükü + olur. Yapraklar açılır. **14.** a) – b) Her ikisi de nötr olur. **15.** a) iki katına çıkar. b) dört katına çıkar. c) dört katına çıkar. ç) sekiz katına çıkar. **16.** -2.10^{-10} C **17.** $-8\vec{E}$ **18.** Öğrenci yorumuna bağlıdır. **19.** Yanlış çizimler III, IV ve V

SÖZLÜK

a

aerojel : Jelin gözeneklerindeki sıvının süper kritik koşullarda kurutularak hava ile yer değiştirmesi sonucu elde edilen, çok hafif ve dayanımı yüksek sentetik malzeme.
ahenk : Uyum.
akkor : Işık saçacak beyazlığa varıncaya kadar ısıtılmış olan.
aktivite : Gerçek çözeltilerin termodinamik hesaplamalarında ideal çözeltilerdeki derişim yerine kullanılan, maddenin etkin gerçek derişimi.
arşe : Keman yayı.
asteroit : Yörüngeleri Mars ve Jüpiter gezegenleri arasında kalan ve sayıları yaklaşık 40.000 kadar olan küçük gezegenler.
astronot : Uzay adamı.
aurora : Güneş'teki manyetik fırtına sonucu uzaydan gelen elektrik yüklü parçacıkların Dünya atmosferine girmesi sırasında, havadaki gazları iyonlaştırmalarından kaynaklanan ve daha çok kutup bölgelerinde görülen yaygın ve renkli ışıltı.
avantaj : **1.** Üstünlük. **2.** Kazanım. **3.** Yarar.

b

bazal : **1.** Organ veya oluşumun taban kısmıyla ilgili, tabana ait. **2.** Tabana yakın yerleşmiş, tabanda bulunan. **3.** Herhangi bir fizyolojik işlev için en alt düzey, gerekli düzey. **4.** Birinci derecede önemli, kurallaşmış, yapılması gereken.
bilişim : İnsanoğlunun teknik, ekonomik ve toplumsal alanlardaki iletişiminde kullandığı ve bilimin da yanağı olan bilginin özellikle elektronik makineler aracılığıyla düzenli ve akla uygun bir biçimde işlenmesi bilimi, enformatik.
biyoelektrik : Canlı varlıkların ürettiği elektrik.
biyografi : Öz geçmiş.
bozunma : Bozunmak işi.

c

cevher : Maden.
cıvata : Birbirine bağlanmak istenen ağaç veya demir parçalarının üzerinde hazırlanmış olan deliklerden geçirilerek ucuna somun takılıp sıkıştırılan iri başlı vida.
cihaz : Aygıt, alet, takım.

d

damacana : Su vb. sıvıları taşımaya yarayan, dar ağızlı, şişkin karınlı, genellikle hasır veya plastik sepet içinde korunan büyük şişe.
denizkestanesi : Hareket edebilen dikenlerle örtülü, yuvarlak kalker kabuklu, derisi dikenlilerden bir yumuşakça.
dezavantaj : Avantajlı olmama durumu.
dinamo : Üreteç.
dirayet : Zekâ, bilgi, kavrayış.
direnç : **1.** Dayanma, karşı koyma gücü, mukavemet. **2.** Bir nesnenin elektrik akımına karşı dayanma özelliği, mukavemet, rezistans. **3.** Bir çevrime istenilen değerde ek direnç katmak için kullanılan düzen, mukavemet, rezistans.
diyagram : **1.** Belirli bir ölçeğe göre bir çokluğu göstermek için çizilmiş şekil. **2.** Bir sistemin yapısını ya da işlemlerin akışını gösterir şema.
domino : Üzerleri noktalarla işaretli dikdörtgen biçiminde yirmi sekiz taşla masa üzerinde oynanan bir oyun.

e

editör : **1.** Yayımcı. **2.** Yazıları yeniden düzenleyerek yayıma hazırlayan kimse.
efor : Çaba, güç.
eğilim : **1.** Bir şeyi sevmeye, istemeye veya yapmaya içten yönelme, meyil, temayül, tandans. **2.** Para piyasalarında zamanla oluşan değişim, alım satım işlemleriyle ilgili iniş çıkış seyri.
element : Tek tip atomlardan oluşan ve kimyasal yollarla daha basit maddelere ayrıştırılamayan madde.
etkileşim : Birbirini karşılıklı olarak etkileme işi.

f

fan : **1.** Havalandırma aracı, pervane, pervane kanadı, vantilatör. **2.** Sıcak veya soğuk havayı dengeli olarak savuran araç.
fiber optik : Cam ya da plastik fiber üzerinden ışık sinyali ile ses, veri ve görüntü ileten bir iletişim teknolojisi.
filozof : **1.** Felsefe ile uğraşan ve felsefenin gelişmesine katkıda bulunan kimse, felsefeci, feylesof. **2.** Felsefe yapmaya meraklı olan kimse.
filtre : Süzgeç, süzek.
flaman : Röntgen tüpünün katotunda bulunan ve ısıtılınca elektron yayan metal tel.
forklift : Çatal şeklindeki kolları ile yükü kaldırıp taşıyan ve istif eden, hem asansör hem de kamyonun görevini birlikte yapan araç.
fosil : Geçmiş yer bilimi zamanlarına ilişkin hayvanların ve bitkilerin, yer kabuğu kayaçları içindeki kalıntıları veya izleri, müstehase, taşıl.

g

gaflet : Aymazlık.
gelgit olayı : Ay ve Güneş'in yer yuvarlağı üzerindeki çekim güçleri sebebiyle deniz yüzünde, özellikle ana denizlerde su düzeyinin alçalması, kabarması olayı, metcezir.
genetik : Kalıtım bilimi.
gezegen : Bir yandan kendi ekseni üzerinde dönen, öte yandan da belli bir yörünge boyunca bağlı olduğu dizgenin özeği olan yıldız çevresinde dolaşan gök cismi.
gidon : Yöneltec.
gök ada : Milyonlarca yıldızdan yıldız kümelerinden, bulutsu ve gaz bulutlarından oluşmuş, Samanyolu gibi bağımsız uzay adası.
gösterge : **1.** Bir şeyi belirtmeye yarayan şey, belirti, im, işaret. **2.** Bir durumla ilgili çeşitli aşamaları gösteren liste, icmal. **3.** Bir gelişimi gösteren nicelikler veya değerler arasındaki ilişki, endeks, indeks. **4**. Anlamla biçimin, gösterenle gösterilenin kaynaşmasından oluşan dil birimi, belirtke. **5.** Bir aracın işlemesiyle ilgili bazı ölçümlerin sonucunu kendiliğinden gösteren araç, müşir, indikatör.
granit : Kuvars, feldspat, ortoklaz ve mika minerallerinden birleşmiş türlü renkte, billursu, çok sert bir tür kayaç.

h

hadise : Olay.
halat : Pamuk, kenevir, Hindistan cevizi gibi bitkisel liflerin veya çelik tellerin sarılmasıyla oluşan kolların bir arada bükülmesiyle elde edilen kalın ip.
hoparlör : **1.** Elektrik dalgalarını ses dalgasına çeviren ve gerektikçe sesi yükselten alet. **2.** Radyo, pikap, teyp vb. araçlarda sesi işitilebilecek duruma getiren alet.

ı-i

ilim : Bilim.
irtifa : **1.** Yükseklik. **2.** Yükselti.
istihdam : Bir görevde, bir işte kullanma.

j

jeofizikçi : Jeofizik uzmanı.

jeoloji : Yer bilimi.

k

kalıntı : **1.** Artıp kalan şey, bakiye. **2.** Eski çağlardan kalmış şehir veya yapı, ören, harabe. **3.** İz, işaret. **4.** Bir toplum, kültür, uygarlık vb.den artakalan şey.

kalori : **1.** Normal atmosfer basıncında, ısınma ısısı 15 °C'lik suyunkine eşit olan bir cismin, bir gramının sıcaklığını 10 °C yükseltmek için gerekli ısı miktarına eşit olan ısı birimi, ısın. **2.** Besinlerin, dokular içinde yanarak vücudun sıcaklık ve enerjisini sağlama değerlerini gösteren ölçü.

kamera : Görüntülerin filme alınmasını sağlayan alet, alıcı.

katran : Organik maddelerden kuru damıtma yoluyla elde edilen, sıvı yağ kıvamında, kara renkte, ağır, is kokulu, suda erimeyen bir madde.

kauçuk : Hevea Brasiliens ağacının lateks adı verilen özsuyundan elde edilen.

kızılötesi : Elektromanyetik spektrumun 1010 Hz ile 1014 Hz frekans aralığındaki bölge

koloni : Aynı türden organizmaların birlikte yaşaması.

komut : Askerlere, izcilere, öğrencilere beden eğitimi çalışmalarında veya bir tören sırasında bir durumdan başka bir duruma geçmeleri için verilen buyruk, emir.

kovalent bağ : Molekülün iki atomu arasında bir ya da daha fazla elektron çiftinin ortaklaşa kullanılmasıyla ortaya çıkan ve molekülü bir arada tutan karşılıklı çekici kuvvet, iki atomun bir çift elektronu paylaşmasıyla oluşan bağ.

l

laminant : Yapay reçine çözeltisi emdirilmiş kâğıtların üst üste konularak sıcak preslerde basınç altında sıkıştırılması ile elde edilen kaplama ve döşeme malzemesi.

led : Işık yayan diyot.

lüle : Musluksuz boru

m

maddiyat : **1.** Sahip olunan mal veya paralar. **2.** Madde ile ilgili şeyler. **3.** Mal mülk, para ile ilgili şeyler.

makro : Büyük, geniş, mikro karşıtı.

mancınık : Top yapımının bilinmediği çağlarda, kale kuşatmalarında, ağır taş gülle fırlatmakta kullanılan basit bir savaş aracı.

maneviyat : **1.** Maddi olmayan, manevi şeyler. **2.** Yürek gücü, moral.

manyetik : Mıknatısla ilgili, kendinde mıknatıs özellikleri bulunan.

maruz : Bir olayın, bir durumun etkisinde veya karşısında bulunan.

mekatronik : Mekanik, elektrik, elektronik ve bilgisayar sistemlerinin bir arada bulunduğu disiplin biçimi

menteşe : Kapı, pencere, mobilya kapakları vb. açılır kapanır şeylerde kullanılan, bir mille birbirine tutturulmuş, biri sabit, öbürü hareketli iki parçadan oluşmuş metal parça, reze.

menzil : Erim.

metabolizma : Canlı organizmada veya canlı hücrelerde hareketi, enerjiyi sağlamak için oluşan, biyolojik ve kimyasal değişimlerin bütünü.

mikro : Küçük, dar, makro karşıtı.

mikrodalga : Elektromanyetik spektrumun 1-100 GHz frekans aralığındaki bölgesi.

mikroskobik : Mikroskopla görülebilecek kadar küçük olan.

morötesi : Elektromanyetik spektrumun 1015-1017 Hz frekans aralığındaki bölgesi.

muvaffakiyet : Başarı.

mürşit : Doğru yolu gösteren kimse, kılavuz.

müsabaka : Yarışma.

n

nanoteknoloji : Atom veya molekül temelinde küçük parçacıkların bir araya getirilerek farklı işlevler görebilen madde veya malzemenin üretilmesi için geliştirilen teknoloji.

nem : **1.** Havada bulunan su buharı. **2.** Hafif ıslaklık, rutubet.

nispeten : **1.** Oranla. **2.** Bir dereceye kadar, oldukça, nispetle.

o-ö

obezite : Çok şişmanlık.

oluk : **1.** Bir şeyin akmasına yarayan üst yanı açık boru. **2.** Yağmur sularını damların kenarlarına toplayıp akıtan yatay konumlu, genellikle çinko boru. **3.** Bir şeyin üzerinde oyulmuş yol.

ölçek : **1.** Birim kabul edilen herhangi bir şeyin alabildiği kadar ölçü. 2. Bu ölçü miktarında olan.

öznel : Özneye ilişkin olan, öznede oluşan, nesnelerin gerçeğine değil, bireyin düşünce ve duygularına dayanan, enfüsi, subjektif, nesnel karşıtı.

p

panel : **1.** Açık oturum. **2.** Yerleştirileceği yüzeyin bir bölümüne uyan, çoğunlukla dikdörtgen biçiminde düzgün parça.

parabolik : Parabol biçiminde olan, parabolle ilgili.

parkur : **1.** Binicilik, bisiklet, atletizm, yürüyüş vb. sporların yapıldığı özel yol. **2.** Gezi ve yürüyüş yapılan özel yol.

patinaj : Yolun kaygan olması dolayısıyla tekerleklerin dönmesine rağmen taşıtın ilerleyememesi.

petrokimya : Petrolden organik kimyasal ürünler elde etmede kullanılan sanayi dalı.

pist : Bir havaalanında uçakların kalkıp inmesine, park yerlerine gidip gelmesine yarayan özel olarak hazırlanmış şerit.

prestij : Saygınlık.

pürüz : **1.** Bir şeyin düzgünlüğünü bozacak çıkıntı, gedik veya kusur. **2.** Engel, güçlük.

r

radyasyon : Işınım.

radyatör : **1.** Hava, su veya buharı ısıtmak veya soğutmak suretiyle meydana gelen sıcaklığı veya soğukluğu yayan, böylece ısıtma ve soğutmada kullanılan cihaz. **2.** Bağlı bulunduğu motordaki ısı derecesinin yükselmesini önleyen soğutucu.

rafineri : Arıtımevi.

randıman : Verim.

reçine : **1.** Bazı odunlu bitkilerin salgıladıkları, katı veya yarı akışkan, yarı saydam, suda çözünmeyen salgı maddeleri. **2.** Su yumuşatma ve süzme filtrelerinde dolgu maddesi.

rezerv : **1.** Saklanmış, biriktirilmiş şey. **2.** Yedek, ihtiyat. **3.** Yatağında veya havzasında bulunduğu hesaplanan, henüz işletilmemiş kömür, demir, petrol vb.

rezonans : **1.** Düzgün itmelerin etkisiyle bir salınım genliğinin artışı. **2.** Titreşim.

rölativite : Görelik.

s-ş

saman : Ekinlerin harmanda dövülüp taneleri ayrıldıktan sonra kalan, hayvanlara yedirilen ufalanmış sapları.

sayaç : Hava gazı, elektrik, su vb.nin kullanılan miktarını veya mekanik etkilenmeleri ölçen alet, saat.

sensör : Duyarga.

silikon : Kapı, pencere vb.ndeki aralıkları örterek hava ve su geçmesini önlemek amacıyla kullanılan şeffaf ve yapışkan bir madde.

slalom : Kayak sporunda bayraklarla işaretlenmiş birtakım dönemeçlerden oluşan pist üzerinde yapılan bir yarış türü.

smaç : **1.** Voleybol ve teniste topu yukarıdan aşağıya doğru sertçe yere vurma, küt. **2.** Basketbolda yakın mesafeden topu sertçe sepete geçirme.

sörf : Özel kayma aracı ve yelkenlisi ile denizde yapılan bir tür spor.

spektrum : Elektromanyetik ışınımın frekanslarına ya da dalga boyuna göre değişimini gösteren grafik.

stetoskop : Kalbin, iç organların hareketlerini dinlemeye yarayan araç.

süreç : Aralarında birlik olan veya belli bir düzen veya zaman içinde tekrarlanan, ilerleyen, gelişen olay ve hareketler dizisi, vetire, proses.

t

talaş : Testere ile biçilen veya rende, matkap, törpü vb. araçlarla işlenen bir şeyden dökülen kırıntılar.

tanker : Petrol, benzin gibi akaryakıt ürünleriyle, sanayi ile ilgili yağ, şarap vb. sıvı maddeleri taşıyan gemi veya kamyon.

teori : Kuram.

termoskop : Sıcaklık değişikliğini gösteren alet.

tesisat : Belli bir işin sağlanmasına yardım eden araçların uygun yerlere döşenmesi veya döşenen bu araçların tümü, döşem, donanım.

tüf : Yanardağların püskürttüğü kül, kum ve lav parçacıklarından oluşan, çoğunlukla açık renkli, hafif gözenekli bir tür çökelti taşı.

türbin : Su, buhar, gaz gibi herhangi bir akışkanın hareket enerjisiyle ve birtakım özel düzenler yardımıyla dönerek çalışan araç.

v

varlık : **1.** Var olma durumu, mevcudiyet. **2.** Var olan her şey.

veri : **1.** Bir araştırmanın, bir tartışmanın, bir muhakemenin temeli olan ana öge, muta, done. **2.** Bir sanat eserine veya bir edebî esere temel olan ana ilkeler. **3.** Gözlem ve deneye dayalı araştırmanın sonuçları. **4.** Bilgi, data.

vinç : Ağır yük kaldırmaya ve bir yere taşımaya yarayan araç.

x

X-ışını : Elektromanyetik spektrumun 1017 ile 1020 Hz frekans aralığındaki bölgesi.

y

yankı : Sesin bir yere çarpıp geri dönmesiyle duyulan ikinci ses, aksiseda, inikâs, akis, eko.

yazılım : Bir bilgisayarda donanıma hayat veren ve bilgi işlemde kullanılan programlar, yordamlar, programlama dilleri ve belgelemelerin tümü.

yiv : **1.** isim. Bir yüzeyin üzerinde çizgi biçiminde olan, sarmal girinti veya çıkıntı. **2.** Bir dişli çarkta veya bir vidada iki diş arasında kalan çukur bölüm.

yöresel : **1.** Belli bir yöre ile ilgili, yerel, mahallî, mevzii, lokal. **2.** Belli bir yöreye özgü.

yumak : **1.** Yuvarlak biçimde sarılmış iplik, yün vb. şey. **2.** Yuvarlak biçimde sarılmış olan.

z

zımpara : Çok sert alümin billurları kapsayan ve aşındırıcı olarak kullanılan doğal kaya.

DİZİN

KAYNAKÇA

- BALKAN, Naci-EROL, Ayşe, **Çevremizdeki Fizik**, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Semih Ofset-Matbaacılık, 2012.
- BERNSTEİN, Jeremy, **Albert Einstein Fiziğin Sınırları**, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, TÜBİTAK Yayınları, Ankara, 2006.
- BİXBY, William, **Galileo ve Newton'un Evreni**, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Tismat, Ankara, 2002.
- COLİN, A. Ronan, **Bilim Tarihi Dünya Kültürlerinde Bilimin Tarihi ve Gelişmesi**, TÜBİTAK Yayınları, Ankara, 2003.
- ELHAN, Salih, **Türk Ebru Sanatı**, Murat Kitap ve Basın Yayın, Ankara, 1998.
- FISHBANE-GASIOROWICZ-THORNTON, **Temel Fizik Cilt 1-2**, Arkadaş Yayınevi, Ankara, 2013.
- GIANCOLI, **Fen Bilimcileri ve Mühendisler İçin Fizik**, Akademi Yayınları, Ankara, 2009.
- GRIFFITHS, David, **Temel Parçacıklara Giriş**, Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık tic. Ltd. Ş., Ankara, 2015.
- HALLIDAY-RESNICK, **Fiziğin Temelleri Kitap 1-Kitap 2**, Palme Yayıncılık, Ankara, 2014.
- HILL, Donald, **Gökyüzü ve Bilim Tarihi İslam Bilim ve Teknolojisi** (Çeviren ve Yorumlayan: Atilla Bir Mustafa Kaçar), Boyut Matbaacılık, İstanbul, 2011.
- KITLEL, Charles-KNIGHT, Walter D.-RUDERMAN, Malvin A.-HELMHOLZ, Acarl-MAYER, Burton J., **Mekanik Berkeley Fizik Dersleri Cilt 1**, Bilim Yayınları, Ankara, 2006.
- NIVALDO, J. Tro, **Genel Kimya Moleküler Yaklaşımla Kimyanın İlkeleri**, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, 2016.
- ORBAY, Metin-ÖNER, Feda, **Genel Fizik ve Teknolojinin Bilimsel İlkeleri**, Pegem Akademi Yayıncılık, Ankara, 2015.
- RAYNOND, Chang- KENNETH, A. GOLDSBY, **Genel Kimya Temel Kavramlar**, Palme Yayıncılık, Ankara, 2015.
- SERWAY, Raymond A.-BEICHNER, Robert, **Fen ve Mühendislik İçin Fizik**, Palme Yayıncılık, Ankara, 1996.
- SEZGİN, Fuat, **İslam'da Bilim ve Teknik**, İ.B.B. Kültür AŞ Yayınları, İstanbul, 2008.
- T. C. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tarih Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi YILDIZ ÇİNİ/PORSELEN FABRİKASI Hazırlayan Sinem SERİN Tez Danışmanı Doç. Dr. Arzu TERZİ, İstanbul, 2009.
- YOUNG, Hugh D.- FREEDMAN, Roger A., **Sears ve Zemansky'nin Üniversite Fiziği Cilt 1-2**, Pearson, İstanbul, 2011.
- AYVACI, H., Şevki (2017). Investigating The Effectiveness Of Predict-Observe-Explain Strategy On Teaching Photo Electricity Topic. Journal of Baltic Science Education. ISSN 1648-3898
- Ortaöğretim Fizik Dersi (9, 10, 11 ve 12. Sınıflar) Öğretim Programı, MEB, Ankara, 2018

** Kaynakça, TDK'nin Yazım Kılavuzu'ndaki kaynakça yazımına göre düzenlenmiştir.*

SAYFA NO **GENEL AĞ ADRESLERİ**

- 27 http://web.itu.edu.tr/guzelah/documents/Brief-intro-to-HEPtr.pdf (Erişim tarihi: 01.03.2017)
- 29 http://www.akademik.adu.edu.tr/ad/med/biyofizik/default.asp?idx=313334 (Erişim tarihi:18.05.2017)
- 33 http://yunus.hacettepe.edu.tr/~cilli/dersler/sba206/uygulamalar/SBA206_hafta1.pdf (Erişim tarihi: 18.05.2017)
- 33 http://www.eba.gov.tr/video/izle/70692f1c3be9152c94dfeafa9cb8f4953c105956f0001 (Erişim tarihi: 24.04.2017)

- 35 http://www.gtu.edu.tr/Files/UserFiles/90/Deneysel_metotlara_giri_1.pdf (Erişim tarihi:18.05.2017)
- 42 https://ncc.metu.edu.tr/initiatives/science-and-technology-center (Erişim tarihi: 29.04.2017)
- 42 http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=6528 (Erişim tarihi: 24.04.2017)
- 43 http://www.aselsan.com.tr/tr-tr/yatirimci-iliskileri/Documents/Yillik%20Faaliyet%20Raporlari/ASELSAN- 2016FAAL%C4%B0YETRAPORU.pdf (Erişim tarihi: 18.05.2017)
- 43 https://www.tenmak.gov.tr/index.php?option=com_k2&view=item&id=2566:biz-kimiz&lang=tr (Erişim tarihi: 06.02.2021)
- 47 http://www.esa.int/Education/ESA_information (Erişim tarihi 27.02.2017)
- 47 http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Research/International_Space_Station (Erişim tarihi: 01.03.2017)
- 48 http://www.space.com/16748-international-space-station.html (Erişim tarihi: 01.03.2017)
- 48 http://uvt.ulakbim.gov.tr/tip/sempozyum1/sruacan2.pdf (Erişim tarihi: 01.03.2017)
- 48 http://medicaljournal.gazi.edu.tr/index.php/GMJ/article/viewFile/248/246 (Erişim tarihi:01.03.2017)
- 48 https://www.anadolu.edu.tr/arastirma/etik-kurulu/bilim-etigi-kilavuzu (Erişim tarihi:18.05.2017)
- 73 https://phet.colorado.edu/sims/density-and-buoyancy/density_tr.html (Erişim tarihi:24.04.2017)
- 79 http://malzeme.aku.edu.tr/wp-content/uploads/sites/88/2016/03/M%C3%9CL-II-SE-RAM%C4%- B0K-DERS-NOTU.pdf (Erişim tarihi: 18.05.2017)
- 81 http://arsiv.mmo.org.tr/pdf/11240.pdf (Erişim tarihi: 18.05.2017)
- 81 http://hatay.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/16244_05_36.pdf (Erişim tarihi:18.05.2017)
- 83 http://www.yildiz.edu.tr/~bhanci/belgeler/ddytgi.pdf (Erişim tarihi: 18.05.2017)
- 86 https://www.umanitoba.ca/outreach/crystal/physics%20resources/the%20physics%20of%20the%20 large%20and%20small.pdf (Erişim tarihi: 18.05.2017)
- 87 http://www.fen.bilkent.edu.tr/~mb/GuncelYazilar/Akilli_NanoYuzeyler.pdf(Erişim tarihi:18.05.2017)
- 88 http://home.anadolu.edu.tr/~mtanisli/pdf/akiskanlar.pdf (Erişim tarihi: 18.05.2017)
- 88 http://voer.edu.vn/c/cohesion-and-adhesion-in-liquids-surface-tension-and-capillaryaction/0e-60bfc6/ b3d86955 (Erişim tarihi: 18.05.2017)
- 99 http://www.eba.gov.tr/video/izle/025874c1271a203ae49daa8fbaee67a75771381ed6012(Erişim tarihi:24.04.2017)
- 109 https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/ladybug-motion-2d (Erişim tarihi:24.04.2017)
- 109 https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/moving-man (Erişim tarihi: 24.04.2017)
- 140 http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Newt.html#ntcon (Erişim tarihi: 18.05.2017)
- 154 https://phet.colorado.edu/sims/html/forces-and-motion-basics/latest/forces-and-motionbasics_en.html (Erişim tarihi: 24.04.2017)
- 163 http://todaie.gov.tr/resimler/ekler/4d80501391dab81_ek.pdf?dergi=Cagdas%20Yerel%20Yonetimler%20 Dergisi (Erişim tarihi: 18.05.2017)
- 164 http://my.beykoz.edu.tr/serkang/files/2011/02/Buhar_makinesi.pdf (Erişim tarihi:18.05.2017)
- 189 https://phet.colorado.edu/en/simulation/energy-skate-park-basics (Erişim tarihi:24.04.2017)
- 191 http://beslenme.gov.tr/content/files/arastirmalar/uyelik/beslenme_bilgi_serisi/Kitaplar/d/d_04_yaslidasis- manlik.pdf (Erişim tarihi: 01.03.2017)
- 192 http://beslenme.gov.tr/index.php?lang=tr&page=57 (Erişim tarihi: 01.03.2017)
- 195 http://anahtar.sanayi.gov.tr/tr/news/proaktif-cevre-yonetim-yaklasimi-eko-verimliliktemiz-uretim/116 (Erişim tarihi: 01.03.2017)
- 195 http://temizuretim.gov.tr/uygulamaornekleri.aspx (Erişim tarihi: 01.03.2017)
- 195 http://temizuretim.gov.tr/Files/uygulamaornek/T%C3%9CB%C4%B0TAK_End%C3%BCstri-

yel_At%C4%- B1k_Ya%C4%9Flar.pdf (Erişim tarihi: 01.03.2017)

- 196 http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Temiz-Enerji (Erişim tarihi: 01.03.2017)
- 199 http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur (Erişim tarihi: 01.03.2017)
- 199 http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Petrol (Erişim tarihi: 01.03.2017)
- 199 http://web.itu.edu.tr/~yamanlar/faq_t/ (Erişim tarihi: 01.03.2017)
- 200 http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSayfalar%2FNukleer_Guc_Santralleri_ve_Turkiye.pdf (Erişim tarihi: 01.03.2017)
- 200 http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Gaz (Erişim tarihi: 01.03.2017)
- 201 http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_yetistiriciligi.aspx (Erişim tarihi: 01.03.2017)
- 202 http://www.yegm.gov.tr/teknoloji/akilli_sehirler.aspx (Erişim tarihi: 01.03.2017)
- 209 http://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojiyegir.aspx?s=7 (Erişim tarihi: 18.04.2017)
- 214 https://www.adelaide.edu.au/news/news70922.html (Erişim tarihi: 30.06.2017)
- 214 http://www.npl.co.uk/educate-explore/factsheets/temperature/ (Erişim tarihi: 23.04.2017)
- 214 http://galileo.rice.edu/sci/instruments/thermometer.html (Erişim tarihi: 23.04.2017)
- 214 https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/greenhouse-gas/G2pm2PossoloStrouse2014A-ug04-SurfaceTemperature-Presentation.pdf (Erişim tarihi: 23.04.2017)
- 217 https://www.physics.ohio-state.edu/p670/textbook/Chap_4.pdf (Erişim tarihi: 29.04.2017)
- 232 http://www.bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/sicak-su-soguk-sudan-daha-hizli-donabilirmi(Erişim tarihi: 26.04.2017)
- 249 http://www.eie.gov.tr/iklim_deg/i_deg_nedir.aspx (Erişim tarihi: 01.03.2017)
- 253 http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Tables/thexp.html (Erişim tarihi: 30.06.2017)
- 265 http://www.news.gatech.edu/2013/12/07/harvesting-electricity-triboelectric-generatorscaptu-re-was- ted-power (Erişim tarihi: 24.04.2017)
- 266 https://voer.edu.vn/m/conductors-and-insulators/8b85d594 (Erişim tarihi: 24.04.2017)
- 274 https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/balloons (Erişim tarihi: 24.04.2017)
- 275 http://www.eba.gov.tr/video/izle/6429580ba1ba310eb41ee9038dddd171821062d09c001(Erişim tarihi: 24.04.2017)
- 275 http://www.eba.gov.tr/video/izle/5405580ba1ba310eb41ee9038dddd171821062d09c001(Erişim tarihi: 24.04.2017)
- 289 http://ffden-2.phys.uaf.edu/104_2012_web_projects/cicely_shankle/Page%202%20-%20Cou-lomb%27s%20 Experiment.html (Erişim tarihi: 24.04.2017)
- 289 http://physics.kenyon.edu/EarlyApparatus/Electrical_Measurements/Coulomb_Balance/Cou-lomb_Balance.html (Erişim tarihi: 24.04.2017)
- 289 http://ders.eba.gov.tr/proxy/VCollabPlayer_v0.0.167/index.html#/main/curriculumResource?-resourceID=2d4d8b54f85e7310b5f0e5e409623a48&resourceTypeID=3&loc=10 (Erişim tarihi: 24.04.2017)
- 290 https://phet.colorado.edu/tr/simulation/electric-hockey (Erişim tarihi: 24.04.2017)
- 293 https://phet.colorado.edu/tr/simulation/legacy/efield (Erişim tarihi: 24.04.2017)
- 293 https://phet.colorado.edu/tr/simulation/legacy/charges-and-fields (Erişim tarihi:24.04.2017)

GÖRSEL KAYNAKÇA

1. ÜNİTE

GENEL AĞ ADRESLERİ

- Görsel 1.1.11 http://www.nasa.govsitesdefaultfilesthumbnailsimagehst-sm4.jpg (Erişim tarihi: 09.05.2017)
- Görsel 1.1.22: http://img.eba.gov.tr/542/635/ee3/7b5/f8b/3d4/16a/afc/0ab/a70/aad/af4/226/d00/001/542635ee37b5f8b3d416aafc0aba70aadaf4226d00001.pdf (Erişim tarihi: 09.05.2017)
- Görsel 1.1.23 www.nga.govcontentngawebCollectionart-object-page.79.html (Erişim tarihi: 17.05.2017)
- Görsel 1.1.27:http://bilgem.tubitak.gov.tr/sites/images/yital_0.jpg (Erişim tarihi: 09.05.2017)
- Görsel 1.1.29: http://www.aselsan.com.tr/tr-tr/yatirimci-iliskileri/Documents/Yillik%20Faaliyet%20Raporlari/ASELSAN2016FAAL%C4%B0YETRAPORU.pdf (Erişim tarihi: 09.05.2017)
- Görsel 1.1.31: http://www.bilimgenc.tubitak.gov.tr.sites.default.files.styles.770px_node.public.cern_.jpg.itok=POaBYvhn (Erişim tarihi: 09.05.2017)
- Görsel 1.1.30 httpsnews.uns.purdue.edux2008b080912BarnesLHC.html_13062017_1505
- Görsel 1.1.32: http://www.nasa.gov.apollo11-gallery (Erişim tarihi: 09.05.2017)
- Görsel 1.1.33: http:// www.nasa.gov.mission_pages.skylab (Erişim tarihi: 09.05.2017)
- Görsel 1.1.34: http://www. mars_nasa_gov_msl_participate_ (Erişim tarihi: 09.05.2017)

TELİF HAKKI ÖDENEREK ALINAN GÖRSELLER

1. Ünite Kapağı: shutterstock_ 221240752, 1.1 Bölüm Giriş Sayfası: dreamstime_xxl_27280763, Görsel 1.1.1: dreamstime_xl_8153557, Görsel 1.1.2: dreamstime_xl_43333062, Görsel 1.1.3: dreamstime_xl_840146, Görsel 1.1.4: dreamstime_xl_10117190, Görsel 1.1.5: dreamstime_xl_27286141, Görsel 1.1.7: shutterstock_168310823 , Görsel 1.1.8: dreamstime_xl_42176643, Görsel 1.1.9: shutterstock_336241907, Görsel 1.1.10: dreamstime_xl_17073603, Görsel 1.1.13: hutterstock_15223912, Görsel 1.1.14: dreamstime_xl_4317497, Görsel 1.1.16: shutterstock_133640705, Görsel 1.1.17: shutterstock_123005800, Görsel 1.1.18: shutterstock_509646298, Görsel 1.1.19: dreamstime_xl_10430033, Görsel 1.1.20: shutterstock_116944522, Meraklısına Bilgi (Sayfa 31): dreamstime_xl_38902905, Görsel 1.1.24: shutterstock_484498255, Görsel 1.1.25: shutterstock_ 106872860, Meraklısına Bilgi (Sayfa 42): dreamstime_xl_6798371, Görsel 1.1.36: shutterstock_294337307

TASARIMCILAR TARAFINDAN HAZIRLANAN GÖRSELLER

1. Ünite Giriş Sayfası, Görsel 1.1.6, Meraklısına Bilgi (Sayfa 21), Görsel 1.1.11, Görsel 1.1.12, Görsel 1.1.15, Görsel 1.1.20, Görsel 1.1.21, Görsel 1.1.26, Görsel 1.1.28, Görsel 1.1.35, 1. Ünite Sıra Sizde Görselleri, Konu Anlatımında Kullanılan Görseller, Ölçme Değerlendirme Görselleri: Kitabın görsel tasarım uzmanları tarafından hazırlanmıştır.

2. ÜNİTE

GENEL AĞ ADRESLERİ

- Meraklısına Bilgi (Sayfa 58): http://www.topkapisarayi.gov.tr/tr/content/imparatorluk-hazinesi (Erişim tarihi: 20.05.2017)
- Görsel 2.2.3: www.izmirkulturturizm.gov.tr.TR,77467selcuk.html (Erişim tarihi: 20.05.2017)
- Meraklısına Bilgi (Sayfa 91): http://www.turkiyegazetesi.com.tr/kultursanat/353550.aspx (Erişim tarihi: 20.05.2017)
- Sıra Sizde (Sayfa 97): http://www.bilimgenc.tubitak.gov.trmakalebazi-canlilar-suyun-yuzeyinde-nasil-yuruyebiliyor

TELİF HAKKI ÖDENEREK ALINAN GÖRSELLER

2. Ünite Kapağı: shutterstock_394706314, 2. Ünite Giriş Sayfası: shutterstock_56292982, Görsel 2.1.3: shutterstock_64903981, 2.1.4: shutterstock_375854896, Görsel 2.1.7: shutterstock_107943002, Görsel 2.1.8: shutterstock_532926229, Görsel 2.1.2 shutterstock_86259160, Görsel 2.1.3: shutterstock_556884487, Görsel 2.1.10: shutterstock_293470163, 2.2 Bölüm Giriş

Sayfası: shutterstock_143019184, Görsel 2.2.2: shutterstock_604478000, Görsel 2.3.1: shutterstock_124726144, Görsel 2.3.3: shutterstock_276573281,Meraklısına Bilgi (Sayfa 83) shutterstock_575871511, Meraklısına Bilgi (Sayfa 89): shutterstock_204505207, Görsel 2.3.10: shutterstock_434252239, Görsel 2.3.12: shutterstock_536453566, Görsel 2.3.14: shutterstock_198963455, Meraklısına Bilgi (Sayfa 99): shutterstock_104688929

TASARIMCILAR TARAFINDAN HAZIRLANAN GÖRSELLER

2.1 Bölüm Giriş Sayfası, Görsel 2.1.1, Görsel 2.1.4, Görsel 2.1.5, Meraklısına Bilgi (Sayfa 59), Şekil 2.1.4 (Sayfa 76), Görsel 2.1.6, Meraklısına Bilgi (Sayfa 78), Görsel 2.2.1, Meraklısına Bilgi (Sayfa 86), Görsel 2.2.4, 2.3 Bölüm Giriş Sayfası, Görsel 2.3.2, Görsel 2.3.4, Görsel 2.3.8, Meraklısına Bilgi (Sayfa 93), Görsel 2.3.9, Görsel 2.3.11, Meraklısına Bilgi (Sayfa 98), 2. Ünite Sıra Sizde Görselleri, Meraklısına Bilgi Görselleri, Ölçme Değerlendirme Görselleri: Kitabın görsel tasarım uzmanları tarafından hazırlanmıştır.

3. ÜNİTE

GENEL AĞ ADRESLERİ

- Birinci bölüm giriş görseli: https://airandspace.si.edustorieseditorialbig-jump_18mayis2017_11_38 (Erişim tarihi:.18.05.2017)

TELİF HAKKI ÖDENEREK ALINAN GÖRSELLER

3. Ünite Kapağı: shutterstock_421694641, 3. Ünite Giriş Sayfası: shutterstock_83385613, Kavram haritası (Sayfa 109): shutterstock_487727155, shutterstock_85754290,shutterstock_652472596, Tablo 3.1.1: shutterstock_180426119, shutterstock_543612361, shutterstock_468728267, Görsel 3.1.2: shutterstock_72482725, Görsel 3.1.3: shutterstock_379006030, Görsel 3.1.5: shutterstock_613157048, 2. Bölüm Giriş Sayfası: shutterstock_400135732, Görsel 3.2.2: shutterstock_82115773, 3. Bölüm Giriş Sayfası: shutterstock_340107866, Görsel 3.3.1: shutterstock_120868180, Görsel 3.3.2: shutterstock_614224661, Görsel 3.3.4: shutterstock_83574583,
Görsel 3.3.5: shutterstock_3887980, Sıra sizde (Sayfa 143): shutterstock_264544805, Görsel 3.3.6: shutterstock_407428960, 4. Bölüm Girişi: shutterstock_207396514, Görsel 3.4.1: shutterstock_561703333 , Sıra Sizde (Sayfa 153): aa, Görsel 3.4.2: shutterstock_306822257, Görsel3.4.3: shutterstock_297359225, Görsel 3.4.4: shutterstock_4204543

TASARIMCILAR TARAFINDAN HAZIRLANAN GÖRSELLER

Şekil 3.1.1, Şekil 3.1.2, Görsel 3.1.1, Şekil 3.1.3, Şekil3.1.4, Görsel 3.1.4, Görsel 3.1.6, Şekil 3.1.5, Şekil 3.1.6, Şekil 3.2.1, Şekil 3.2.2, Şekil 3.2.3, Görsel 3.2.1, Görsel 3.3.3, Şekil 3.3.1, Şekil 3.3.2, Görsel 3.3.7, Şekil 3.3.3, Şekil 3.3.4, Şekil 3.3.5, Şekil 3.4.1, Şekil 3.4.2, Şekil 3.4.3, 3. Ünite Sıra Sizde Görselleri, Meraklısına Bilgi Görselleri, Ölçme Değerlendirme Görselleri: Kitabın görsel tasarım uzmanları tarafından hazırlanmıştır.

4. ÜNİTE

GENEL AĞ ADRESLERİ

- Değerlendirme sorusu (31- 34): www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojiyegir.aspx?s=7 (Erişim tarihi: 18.04.2017)
- Grafik 4.5.1: http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Temiz-Enerji
- Görsel 4.5.4: hbogm.meb.gov.tr.MTAO.1EnerjiUretimiIletimiVeDagitimi.unite3.pdf_2017_04_19_18_20

TELİF HAKKI ÖDENEREK ALINAN GÖRSELLER

4. Ünite Kapağı: shutterstock_43742857, 4. Ünite Giriş Sayfası: shutterstock_553614883, Görsel 4.1.1: shutterstock_63534700, Görsel 4.1.2: shutterstock_54496810, sıra sizde shutterstock_ 42420313, Görsel 4.1.3: shutterstock_127629764, Meraklısına Bilgi (Sayfa 172): shutterstock_115812391, Görsel 4.1.4: shutterstock_444613786, 2. Bölüm Giriş Sayfası: shutterstock_ 6929764, Görsel 4.2.1: 123rf_56851152, Görsel 4.2.2: shutterstock_128001200, Görsel 4.2.4:shutterstock_477874183, Görsel 4.2.5: shutterstock_496012138, 4.3 Bölüm Giriş Sayfası: dreamstime_l_40589338, Görsel 4.3.1: shutterstock_522638905, Görsel 4.3.2: shutterstock_595634333,

Görsel 4.3.3: shutterstock_ 1089177956, Görsel 4.3.4: shutterstock_366555647, Görsel 4.3.5: shutterstock_177233285, Görsel 4.3.6: shutterstock_371166716, 4.4 Bölüm Giriş Sayfası: shutterstock_73855648, 4.4 Bölüm Giriş Sayfası: shutterstock_ 559844542, Görsel 4.4.1: shutterstock_205008883, 4.5 Bölüm Giriş Sayfası: shutterstock_191334824, Görsel 4.5.1: dreamstime_920186, Görsel 4.5.2: shutterstock_530992336,Görsel 4.5.3: dreamstime_36706580, Görsel 4.5.5: shutterstock_188157599, Görsel 4.5.6: shutterstock_217475821, Görsel 4.5.7:shutterstock_78314113, Görsel 4.5.8: dreamstime_25498725,Görsel 4.5.9 : dreamstime_64054306, Görsel 4.5.10: 123rf_55470854, Görsel 4.5.11 shutterstock_117660574

TASARIMCILAR TARAFINDAN HAZIRLANAN GÖRSELLER

Şekil 4.1.1, Şekil 4.1.2, Şekil 4.1.3, Şekil 4.1.4, Şekil 4.1.5, Şekil 4.1.6, Şekil 4.1.7, Şekil 4.2.1, Şeki 4.2.2, Şekil 4.2.3, Şekil 4.2.4, Şekil 4.2.5, Şekil 4.3.1, Şekil 4.3.2, Şekil 4.3.3, Görsel 4.2.3, Görsel 4.4.2, Görsel 4.4.3, 4. Ünite Sıra Sizde Görselleri, Örnek soru görselleri, Ölçme Değerlendirme Görselleri: Kitabın görsel tasarım uzmanları tarafından hazırlanmıştır.

5. ÜNİTE

GENEL AĞ ADRESLERİ

- 5.1 Bölüm Giriş Sayfası: https://eoimages.gsfc.nasa.gov/images/imagerecords/77000/77779/maxlst_amo_2003-09_lrg.jpg (Erişim tarihi: 23.04.2017)
- Görsel 5.4.4: https://www.mgm.gov.tr/tahmin/il-ve-ilceler.aspx?il=Gaziantep (Erişim tarihi: 18.05.2017)

TELİF HAKKI ÖDENEREK ALINAN GÖRSELLER

5. Ünite Kapağı: shutterstock_557188528, 5. Ünite Giriş Sayfası: shutterstock_354577685, 5.Ünite Giriş Sayfası: shutterstock_62280703, Görsel 5.1.2: shutterstock_121282843, Görsel 5.1.4: shutterstock_286970090, Görsel 5.1.5: shutterstock_588176696, Görsel 5.1.6: shutterstock_193234193, SIRA SİZDE (Sayfa 223): shutterstock_73772014, 5.2 Bölüm Giriş sayfası shutterstock_622990358, shutterstock_193387415, shutterstock_83814211, Görsel 5.2.1: shutterstock_318891146, Meraklısına Bilgi (Sayfa 228): shutterstock_353883584, Meraklısına Bilgi (Sayfa 232): shutterstock_567251149, 5.3 Bölüm Giriş Sayfası: shutterstock_78320650, 5.4 Bölüm Giriş Sayfası: shutterstock_583303267, Şekil 5.4.2: shutterstock_394086892, Görsel 5.4.1: shutterstock_574989886, Görsel 5.4.2: shutterstock_30779440, Görsel 5.4.3: shutterstock_107962919, Görsel 5.4.5 : shutterstock_155217797, 5.5 Bölüm Giriş Sayfası: shutterstock_112304507, 5.5 Bölüm Giriş Sayfası: shutterstock_336585365, Görsel 5.5.1: shutterstock_168316472

TASARIMCILAR TARAFINDAN HAZIRLANAN GÖRSELLER

Görsel 5.1.1, Görsel 5.1.3, Görsel 5.1.7, 5.2 Bölüm Giriş sayfası, Görsel 5.5.2, Görsel 5.5.3, Şekil 5.5.1, 5. Ünite Sıra Sizde Görselleri, Meraklısına Bilgi Görselleri, Ölçme Değerlendirme Görselleri: Kitabın görsel tasarım uzmanları tarafından hazırlanmıştır.

6. ÜNİTE

GENEL AĞ ADRESLERİ

- Görsel 6.1.3: http://wwwacademia.edu./28355330/An1magine_Vol._1_No._7_september_2016 (Erişim tarihi: 16.05.2017)
- Görsel 6.1.8: https://www.web2.ph.utexas.edu/~joker2/indexfiles/coulon.htm (Erişim tarihi: 16.05.2017)

TELİF HAKKI ÖDENEREK ALINAN GÖRSELLER

6. Ünite Kapağı: dreamstime_xl_320845, Meraklısına Bilgi (Sayfa 267): shutterstock_578176712, Meraklısına Bilgi (Sayfa 267): shutterstock_19822061, SIRA SİZDE (Sayfa 274): shutterstock_260972519, Şekil 6.1.23: shutterstock_195834968, Görsel 6.1.9: shutterstock_296840144

TASARIMCILAR TARAFINDAN HAZIRLANAN GÖRSELLER

6. Ünite Giriş Sayfası, 6.1 Bölüm Girişi, Görsel 6.1.1, Görsel 6.1.2, Görsel 6.1.4, Görsel 6.1.5, Görsel 6.1.6, 6. Ünite Sıra Sizde Görselleri, Meraklısına Bilgi Görselleri, Şekiller, Ölçme Değerlendirme Görselleri: Kitabın görsel tasarım uzmanları tarafından hazırlanmıştır.

EKLER

KİTAPTA KULLANILAN BİRİMLERİN SEMBOLLERİ VE OKUNUŞLARI

Sembol	Okunuşu	Sembol	Okunuşu
C	Kulon	mg	Miligram
J	Jul	L	Litre
K	Kelvin	mL	Mililitre
N	Newtın	t	Ton
^{0}C	Derece Selsiyus	cal	Kalori
W	Vat	F	Fahrenayt
kg	Kilogram	Atm	Atmosfer
g	Gram	cd	Kandela
m	Metre	A	Amper
s	Saniye	mol	Mol
h	Saat		

KİTAPTA KULLANILAN BAZI FİZİK SABİTLERİ

Nicelik	Sembol	Değeri
Yer Çekimi Sabiti	g	9,8 m/s^2
Coulomb Sabiti	k	9.10^9 m/C^2
Elektronun Yükü	q_e	$1,6.10^{-19}$ C
Protonun Yükü	q_p	$1,6.10^{-19}$ C

BİRİMLERİN ÖN EKLERİ

Ön ek ismi	Sembol	Üstel yazım	Kesirli yazım	Ondalıklı yazım
Mega	M	10^6		1000 000
Kilo	k	10^3		1000
Hekto	h	10^2		100
Deka	da	10^1		10
Temel birim		10^0		1
Desi	d	10^{-1}	1/10	0,1
Santi	c	10^{-2}	1/100	0,01
Mili	m	10^{-3}	1/1000	0,001
Mikro	µ	10^{-6}	1/1000 000	0,000 001
Nano	n	10^{-9}	1/1000 000 000	0,000 000 001